



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES**  
**Y REDES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL**  
**MONITOREO DE CONTENEDORES DE BASURA BASADOS EN**  
**EL DISEÑO DE LOS ECO-TACHOS DE LA CIUDAD DE**  
**RIOBAMBA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTORES: JOHANA AIDE PANCHI GUEVARA**  
**ANGEL PAÚL MAYORGA VILLACIS**

**TUTOR: ING. DIEGO F. VELOZ CH. MSC.**

Riobamba – Ecuador

2019

**@2019, Johana Aide Panchi Guevara, Angel Paúl Mayorga Villacis**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES**  
**Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo propuesta tecnológico “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO DE CONTENEDORES DE BASURA BASADOS EN EL DISEÑO DE LOS ECO-TACHOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, de responsabilidad de la señorita Johana Aide Panchi Guevara y el señor Angel Paúl Mayorga Villacis, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Patricio Romero <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
Ing. Diego Fernando Veloz Cherrez MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Ing. Jefferson Ribadeneira PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

Nosotros, Johana Aide Panchi Guevara y Angel Paúl Mayorga Villacis somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Johana Aide Panchi Guevara

Angel Paúl Mayorga Villacis

## **DEDICATORIA**

A mis padres Blanca y Byron por ser mi ejemplo a seguir de perseverancia, dedicación, superación y amor. Por estar presentes, inspirarme y apoyarme incondicionalmente en cada etapa de mi vida, por todos los consejos, que han hecho de mí la persona que soy.

A mis hermanos Wendy y Erick porque son mi motor para superarme cada día, porque siempre han sido incondicionales, por todo su amor, apoyo y comprensión.

A mis ahijados Deybit y Sammy porque son muy importantes para mí y una gran inspiración, para cumplir mis sueños.

Johana

Esta tesis va dedicada a Dios por su infinito amor, por darme salud, fortaleza y sabiduría para no desmayar en mis sueños, por bendecirme con mis padres y darme la gran satisfacción de terminar con felicidad mi carrera universitaria.

Dedico a mi abuelita “mamia” que desde muy pequeño me cuido y supo guiar, aconsejarme, reprenderme, por siempre estar ahí conmigo dándome su cariño y estar pendiente mis estudios. A mis padres Angel y Mery por ser mi soporte, por ofrecerme toda su confianza y afecto, por inculcarme sus principios y valores, para así poder ser una persona de bien y humildad.

A mis hermanos por el simple hecho de estar conmigo, de permitirme aprender de ellos de una u otra forma.

Paúl

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por todo con lo que me ha bendecido, por darme salud, a mi familia, sabiduría y mucho más para cumplir todas mis metas tanto personales como profesionales y no permitirme decaer para continuar hasta lograr mis sueños.

A mis padres por inculcarme valores que han hecho de mí una persona emprendedora, perseverante, responsable y sobre todo por el amor incondicional con el cual me han motivado a salir adelante y luchar por mis sueños, mis padres y mis hermanos que son mi inspiración y mi motor para levantarme las veces que sean necesarias y seguir adelante, en especial a mi hermano por ser mi ángel guardián.

A mis maestros por los conocimientos impartidos que han sido muy importantes para lograr mis metas en la FIE de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

A mi tutor Ing. Diego Veloz por el apoyo brindado para culminar con éxito el presente proyecto.

A todos mis familiares y amigos que han formado parte de mi vida y han compartido momentos tristes y felices, por el apoyo y los consejos brindados todo este tiempo.

Johana

Al todo poderoso, que continuamente me brindo la fuerza y la sabiduría para seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida. A mis padres, que sin el apoyo de ellos nada de esto fuera posible, que con su amor y paciencia me supieron guiar, nunca me abandonaron, siempre creyeron en mí, ya sea buena o mala la situación siempre me respaldaron. A esa persona que estuvo ahí siempre.

Al Ing. Diego Veloz, por confiar en nosotros, por brindarnos sus conocimientos, guía y de su tiempo. A mis compañeros, amigos e ingenieros que de una u otra forma aportaron en este ciclo universitario. A mi compañera de tesis por la paciencia y dedicación para que todo esto pueda ser una realidad.

A mi tío Edison por cuidar de mi como un hijo, dándome sus consejos, por último, agradezco la tesis a mi prima “yochita” por ser como eres, por estar ahí siempre que lo requiera, por todo lo que hemos vivido, por ser como mi hermana y mi confidente.

Paúl

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	9
1.1 Estado del arte .....	9
1.2 Sistemas de monitoreo.....	10
1.3 Sensores electrónicos .....	11
1.3.1 Características de los sensores .....	11
1.3.2 Clasificación de los sensores .....	11
1.3.3 Sensor de Nivel Ultrasónico .....	12
1.3.4 Sensores de Temperatura y Humedad.....	12
1.3.5 Sensor de pH.....	13
1.4 Topologías de Redes Físicas.....	13
1.4.1 Topología Bus.....	13
1.4.2 Topología Anillo .....	13
1.4.3 Topología Estrella .....	14
1.4.4 Topología Malla.....	14
1.4.5 Topología Árbol.....	15

<b>1.4.6</b>	<b><i>Análisis de las topologías.....</i></b>	<b><i>15</i></b>
<b>1.5</b>	<b><i>Tarjetas de desarrollo .....</i></b>	<b><i>16</i></b>
<b>1.5.1</b>	<b><i>Raspberry.....</i></b>	<b><i>16</i></b>
<b>1.5.2</b>	<b><i>Arduino.....</i></b>	<b><i>17</i></b>
<b>1.6</b>	<b><i>Tecnologías inalámbricas.....</i></b>	<b><i>17</i></b>
<b>1.6.1</b>	<b><i>Estándar IEEE 802.15.4 ZigBee (WPAN).....</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b>1.6.2</b>	<b><i>Estándar IEEE 802.11 Wifi (WLAN).....</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b>1.6.3</b>	<b><i>Radio Frecuencia (RF) .....</i></b>	<b><i>19</i></b>
<b>1.7</b>	<b><i>Residuos sólidos urbanos .....</i></b>	<b><i>19</i></b>
<b>1.7.1</b>	<b><i>Situación Actual de los residuos sólidos urbanos .....</i></b>	<b><i>20</i></b>
<b>1.7.2</b>	<b><i>Relación entre los Residuos, la salud y el ambiente.....</i></b>	<b><i>21</i></b>
<b>1.7.3</b>	<b><i>Relación entre los Lixiviados, la salud y el ambiente .....</i></b>	<b><i>22</i></b>
<b>1.7.4</b>	<b><i>Temperatura, humedad de los contenedores que afectan en la salud y el ambiente... 22</i></b>	
<b>1.7.5</b>	<b><i>Normativa y Leyes del manejo de la basura en el Ecuador .....</i></b>	<b><i>22</i></b>
<b>1.8</b>	<b><i>Contenedores de basura.....</i></b>	<b><i>22</i></b>
<b>1.8.1</b>	<b><i>Contenedores inteligentes.....</i></b>	<b><i>23</i></b>
<b>1.8.2</b>	<b><i>Eco-tachos en la Ciudad de Riobamba .....</i></b>	<b><i>25</i></b>
<b>1.8.3</b>	<b><i>Grados de Protección IP.....</i></b>	<b><i>26</i></b>

## **CAPITULO II**

<b>2.</b>	<b><i>MARCO METODOLÓGICO .....</i></b>	<b><i>28</i></b>
<b>2.1</b>	<b><i>Desarrollo de la metodología orientada a prototipos .....</i></b>	<b><i>29</i></b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Requerimientos del diseño del prototipo para el eco-tacho .....</i></b>	<b><i>29</i></b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Fuente de Energía .....</i></b>	<b><i>30</i></b>



<b>2.1.3</b>	<b><i>Tarjetas de desarrollo .....</i></b>	<b><i>33</i></b>
<b>2.1.4</b>	<b><i>Sensores para el prototipo de los eco-tachos.....</i></b>	<b><i>34</i></b>
<b>2.1.5</b>	<b><i>Análisis de las tecnologías inalámbricas.....</i></b>	<b><i>38</i></b>
<b>2.1.6</b>	<b><i>Caja de Protección IP.....</i></b>	<b><i>42</i></b>
<b>2.2</b>	<b><i>Diseño lógico del prototipo.....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Servidor Web.....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Base de datos .....</i></b>	<b><i>45</i></b>
<b>2.2.2.1</b>	<b><i>Diseño de la base de datos .....</i></b>	<b><i>46</i></b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Página Web.....</i></b>	<b><i>47</i></b>
<b>2.3</b>	<b><i>Concepción general del prototipo.....</i></b>	<b><i>48</i></b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Nodo sensor (NS).....</i></b>	<b><i>48</i></b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Nodo Gateway (NG).....</i></b>	<b><i>49</i></b>
<b>2.3.3</b>	<b><i>Nodo de almacenamiento y monitoreo (NAM) .....</i></b>	<b><i>50</i></b>
<b>2.4</b>	<b><i>Esquema de Conexión .....</i></b>	<b><i>50</i></b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>Esquema de conexión del Nodo Sensor .....</i></b>	<b><i>50</i></b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>Esquema de conexión del Nodo Gateway .....</i></b>	<b><i>51</i></b>
<b>2.5</b>	<b><i>Simulación.....</i></b>	<b><i>51</i></b>
<b>2.6</b>	<b><i>Diseño del prototipo en el contenedor .....</i></b>	<b><i>53</i></b>
<b>2.7</b>	<b><i>Calibración de los Sensores.....</i></b>	<b><i>54</i></b>
<b>2.7.1</b>	<b><i>Calibración del Sensor de pH SEN0161 .....</i></b>	<b><i>54</i></b>
<b>2.8</b>	<b><i>Implementación del Prototipo .....</i></b>	<b><i>55</i></b>
<b>2.8.1</b>	<b><i>Implementación del NS .....</i></b>	<b><i>55</i></b>
<b>2.8.2</b>	<b><i>Implementación del NG.....</i></b>	<b><i>57</i></b>

<b>2.8.3</b>	<b><i>Implementación del servidor .....</i></b>	<b>58</b>
<b>2.8.4</b>	<b><i>Implementación de la base de datos .....</i></b>	<b>59</b>
<b>2.8.5</b>	<b><i>Implementación de la página web .....</i></b>	<b>60</b>

### **CAPITULO III**

<b>3.</b>	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1</b>	<b>Localización del eco-tacho para implementar el prototipo .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>Funcionamiento y puesta en marcha del prototipo STR .....</b>	<b>64</b>
<b>3.3</b>	<b>Mediciones y Alerta en Tiempo Real .....</b>	<b>65</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Mediciones .....</i></b>	<b>65</b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Alerta en Tiempo Real.....</i></b>	<b>66</b>
<b>3.4</b>	<b>Alcance de la comunicación entre los nodos para el prototipo.....</b>	<b>68</b>
<b>3.5</b>	<b>Prueba de Almacenamiento de Datos .....</b>	<b>68</b>
<b>3.6</b>	<b>Capacidad del sistema de recolección de datos .....</b>	<b>69</b>
<b>3.7</b>	<b>Caracterización Estadística de las variables.....</b>	<b>71</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Análisis de las diferentes topologías .....	15
<b>Tabla 2-1:</b> Nomenclatura de grados de protección IP .....	27
<b>Tabla 1-2:</b> Calculo del Panel Solar .....	30
<b>Tabla 2-2:</b> Comparación tipos de Paneles Solares .....	31
<b>Tabla 3-2:</b> Alternativas escala de Likert.....	31
<b>Tabla 4-2:</b> Comparación Likert del Panel Solar .....	31
<b>Tabla 5-2:</b> Comparaciones entre tarjetas Arduino .....	33
<b>Tabla 6-2:</b> Comparación Likert de Arduino .....	33
<b>Tabla 7-2:</b> Comparaciones entre los sensores de pH .....	35
<b>Tabla 8-2:</b> Comparación Likert Sensor de pH.....	35
<b>Tabla 9-2:</b> Características de los sensores de Humedad .....	36
<b>Tabla 10-2:</b> Características de los sensores de Temperatura .....	36
<b>Tabla 11-2:</b> Comparación Likert Sensor de Humedad y Temperatura .....	36
<b>Tabla 12-2:</b> Características de los sensores ultrasónicos .....	37
<b>Tabla 13-2:</b> Comparación Likert Sensor de Ultrasónico .....	37
<b>Tabla 14-2:</b> Análisis comparativo de las tecnologías inalámbricas. ....	38
<b>Tabla 15-2:</b> Comparación Likert Tecnologías inalámbricas .....	39
<b>Tabla 16-2:</b> Características de los módulos NRF .....	40
<b>Tabla 17-2:</b> Comparación Likert Módulo NRF.....	40
<b>Tabla 18-2:</b> Características de los módulos WiFi .....	41
<b>Tabla 19-2:</b> Comparación Likert Módulo Wifi .....	41
<b>Tabla 20-2:</b> Características de los servidores web.....	44
<b>Tabla 21-2:</b> Comparación Likert del Servidor Web .....	44
<b>Tabla 22-2:</b> Características de MySQL .....	46
<b>Tabla 23-2:</b> Características de Notepad++ .....	48
<b>Tabla 1-3:</b> Localización del Eco-Tacho .....	63
<b>Tabla 2-3:</b> Alcance de la comunicación .....	68
<b>Tabla 3-3:</b> Calculo tamaño de la muestra de la capacidad .....	70
<b>Tabla 4-3:</b> Estimación de envío de datos.....	71
<b>Tabla 5-3:</b> Calculo del tamaño de la muestra de la caracterización estadística.....	71
<b>Tabla 6-3:</b> Caracterización de la variables escenario 1 .....	71
<b>Tabla 7-3:</b> Caracterización de las variables escenario 2 .....	73
<b>Tabla 8-3:</b> Caracterización de las variables escenario 3 .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Diagrama de Bloque Sistemas de monitoreo .....	11
<b>Figura 2-1:</b> Funcionamiento del sensor, diagrama de bloque .....	11
<b>Figura 3-1:</b> Componentes del sensor de temperatura .....	12
<b>Figura 4-1:</b> Esquema de Topología Bus .....	13
<b>Figura 5-1:</b> Esquema de Topología Anillo .....	14
<b>Figura 6-1:</b> Esquema de Topología Estrella .....	14
<b>Figura 7-1:</b> Esquema de Topología Malla .....	14
<b>Figura 8-1:</b> Esquema de Topología Árbol .....	15
<b>Figura 9-1:</b> Tarjeta Raspberry PI .....	17
<b>Figura 10-1:</b> Tarjeta Arduino .....	17
<b>Figura 11-1:</b> Topologías de ZigBee .....	18
<b>Figura 12-1:</b> Contenedores con Unidades WiFi en Nueva York .....	24
<b>Figura 13-1:</b> Contenedores en Groningen - Holanda .....	24
<b>Figura 14-1:</b> Contenedores Ultrasónicos en Barcelona .....	25
<b>Figura 15-1:</b> Ejemplo Grado de Protección IP .....	27
<b>Figura 1-2:</b> Panel Solar Monocristalino .....	32
<b>Figura 2-2:</b> Regulador de Carga Solar .....	32
<b>Figura 3-2:</b> Batería Recargable .....	33
<b>Figura 4-2:</b> Arduino MEGA 2560 .....	34
<b>Figura 5-2:</b> Sensor SEN0161 de pH .....	36
<b>Figura 6-2:</b> Sensor Temperatura Y Humedad .....	37
<b>Figura 7-2:</b> Sensor Ultrasónico JSN-SR04T .....	38
<b>Figura 8-2:</b> Módulo NRF24L01 .....	41
<b>Figura 9-2:</b> Módulo WiFi ESP8266 .....	42
<b>Figura 10-2:</b> Caja Protección IP .....	42
<b>Figura 11-2:</b> Interface 000webhost .....	45
<b>Figura 12-2:</b> Diagrama Entidad/Relación de la Base de Datos .....	47
<b>Figura 13-2:</b> Concepción general del prototipo .....	48
<b>Figura 14-2:</b> Diagrama de bloques del NS .....	49
<b>Figura 15-2:</b> Diagrama de bloques del NG .....	49
<b>Figura 16-2:</b> Diagrama de bloques del nodo almacenamiento y monitoreo .....	50
<b>Figura 17-2:</b> Conexión del NS .....	51
<b>Figura 18-2:</b> Conexión del NG .....	51
<b>Figura 19-2:</b> Simulación Proteus .....	52

<b>Figura 20-2:</b> Extracción de datos a Excel.....	52
<b>Figura 21-2:</b> Ubicación del prototipo.....	53
<b>Figura 22-2:</b> Ubicación Panel Solar .....	53
<b>Figura 23-2:</b> Sustancias Buffer .....	54
<b>Figura 24-2:</b> Medida obtenida por el sensor.....	54
<b>Figura 25-2:</b> Compensación de la desviación.....	55
<b>Figura 26-2:</b> Valores medidos después de la calibración .....	55
<b>Figura 27-2:</b> Implementación del NS.....	57
<b>Figura 28-2:</b> Implantación del NG .....	58
<b>Figura 29-2:</b> Implantación del servidor Xampp .....	58
<b>Figura 30-2:</b> Implantación del servidor 000Webhost .....	59
<b>Figura 31-2:</b> Creación de tres tablas en la base de datos .....	59
<b>Figura 32-2:</b> Creación de entidades/relación.....	59
<b>Figura 33-2:</b> Creación de los atributos de las entidades .....	60
<b>Figura 34-2:</b> Página del prototipo Sensor Tacho-Riob .....	60
<b>Figura 35-2:</b> Página de visualización Alerta .....	61
<b>Figura 36-2:</b> Niveles de medición de los sensores para la Alerta .....	61
<b>Figura 37-2:</b> Página de visualización de datos ya como usuario registrado.....	62
<b>Figura 1-3:</b> Localización del Eco-Tacho .....	63
<b>Figura 2-3:</b> Colocación de los dispositivos en el Eco-Tacho.....	64
<b>Figura 3-3:</b> Culminación de la colocación del prototipo STR .....	65
<b>Figura 4-3:</b> Valores medidos del NS .....	65
<b>Figura 5-3:</b> Desechos y Líquidos para las Pruebas.....	66
<b>Figura 6-3:</b> Prueba de Alerta en Tiempo Real.....	66
<b>Figura 7-3:</b> Datos recibidos del NS y enviados a la base de datos.....	67
<b>Figura 8-3:</b> Datos actualizados en la Página web .....	67
<b>Figura 9-3:</b> Prueba de Almacenamiento de Datos .....	69
<b>Figura 10-3:</b> Captura de paquetes en Wireshark .....	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> Estadísticas de RSU a nivel Mundial .....	20
<b>Gráfico 2-1:</b> Países que más reciclan.....	20
<b>Gráfico 1-2:</b> Escala de la comparación de Panel Solar según Likert .....	31
<b>Gráfico 2-2:</b> Escala de la comparación de Arduino según Likert .....	34
<b>Gráfico 3-2:</b> Escala de comparación Sensor de pH según Likert.....	35
<b>Gráfico 4-2:</b> Escala de comparación Sensor de Temperatura y Humedad según Likert .....	37
<b>Gráfico 5-2:</b> Escala Sensor Ultrasónico según Likert.....	38
<b>Gráfico 6-2:</b> Escala de comparación Tecnologías Inalámbricas según Likert .....	39
<b>Gráfico 7-2:</b> Escala Módulo NRF según Likert.....	40
<b>Gráfico 8-2:</b> Escala Módulo Wifi según Likert .....	42
<b>Gráfico 9-2:</b> Escala de comparación del Servidor Web según Likert .....	45
<b>Gráfico 1-3:</b> Boxplot Escenario 1.....	73
<b>Gráfico 2-3:</b> Boxplot Escenario 2.....	75
<b>Gráfico 3-3:</b> Boxplot Escenario 3.....	77

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- Anexo A:** Datasheet sensor SHT10
- Anexo B:** Datasheet sensor JSN-SR04T
- Anexo C:** Datasheet sensor SEN0161
- Anexo D:** Datasheet sensor Arduino MEGA 2560
- Anexo E:** Datasheet módulo NRF24L01
- Anexo F:** Datasheet módulo ESP8266
- Anexo G:** Datasheets Panel Solar 60W y Controlador
- Anexo H:** Datasheet Batería
- Anexo I:** Código NS
- Anexo J:** Código NG
- Anexo K:** Código Página Principal
- Anexo L:** Alerta Pagina Web
- Anexo M:** Página de visualización de datos

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>EPAGAL</b>	Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental
<b>GAD</b>	Gobiernos Autónomos Descentralizados
<b>GADMR</b>	Gobiernos Autónomos Descentralizados del Municipio de Riobamba
<b>SIG</b>	Sistema Integrado de Gestión
<b>CO2</b>	Dióxido de Carbono
<b>BHS</b>	Bulk Handling Systems
<b>pH</b>	Potencial Hidrógeno
<b>ZCN</b>	Nodo Coordinador ZigBee
<b>FFD</b>	Dispositivo de Función Completa
<b>RFD</b>	Dispositivo de Función Reducida
<b>WLAN</b>	Red de Área Local Inalámbrica
<b>RF</b>	Radio Frecuencia
<b>SD</b>	Secure Digital
<b>USB</b>	Bus Universal en Serie
<b>HDMI</b>	Interfaz Multimedia de Alta Definición
<b>RSU</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>EDAS</b>	Enfermedades Diarreicas Agudas
<b>DNI</b>	Documento Nacional de Identidad
<b>IEC</b>	Comisión Internacional Electrónica
<b>MAC</b>	Control de Acceso al Medio
<b>IP</b>	Protección de Ingreso
<b>IK</b>	Energía de Impacto
<b>NRF</b>	Nordic de Radio Frecuencia
<b>SHT</b>	Sensor de Temperatura y Humedad
<b>US</b>	Sensor Ultrasónico
<b>V</b>	Voltio
<b>A</b>	Amperio
<b>W</b>	Watts
<b>mm</b>	Milímetros
<b>C</b>	Centígrados
<b>Hz</b>	Hercios
<b>HTTP</b>	Protocolo de Transferencia de Hipertexto



<b>AWS</b>	Amazon Web Services
<b>PHP</b>	Procesador de Hipertexto
<b>SQL</b>	Lenguaje Estructurado de Consultas
<b>HTML</b>	Lenguaje de Marcas de Hipertexto
<b>XHTML</b>	Lenguaje de Marcas de Hipertexto Extendido
<b>NS</b>	Nodo Sensor
<b>NG</b>	Nodo Gateway
<b>NAM</b>	Nodo de Almacenamiento y Monitoreo
<b>STR</b>	Sensor-Tacho Riob
<b>DHCP</b>	Protocolo de Configuración Dinámica de Host
<b>FTP</b>	Protocolo de Transferencia de Ficheros
<b>API</b>	Interfaz de Programación de Aplicaciones

## RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue la implementación de un prototipo para el monitoreo de los parámetros de residuos en los contenedores de basura basados en el diseño de los Eco-Tachos de la ciudad de Riobamba (STR). El prototipo permite monitorear en línea el nivel de basura de cada Eco-Tacho, el grado de pH, como también la temperatura y humedad que existe dentro del mismo; esto permite medir las características de los lixiviados, así como también mejorar la frecuencia de recolección de los desechos. Para ello se integraron tres nodos inteligentes denominados sensor, Gateway y el de almacenamiento y monitoreo que simultáneamente permiten supervisar variables físicas y químicas del contenedor que influyen en la calidad del ambiente. El nodo sensor procesa los datos para ser enviados a través de la red inalámbrica de tipo estrella mediante el módulo de radio frecuencia NRF24L01. Este a su vez se comunica con el nodo Gateway para enviar los datos a través de Internet mediante un módulo Wi-Fi. Todos los datos son recibidos y almacenados en la base de datos que se encuentra en el servidor gratuito 000WebHost, que permite la visualización de los datos mediante la página web que se creó. La página web muestra los valores medidos por el prototipo en tiempo real y a su vez muestra alertas, cuando un Eco-Tacho ya está generando lixiviados y cuando los desechos ya deben ser removidos de dicho contenedor. Las pruebas efectuadas al prototipo arrojaron que tienen una cobertura inalámbrica máxima de 480 metros. Así mismo, al examinar los datos enviados a la base de datos constituyen un 0,0115888% del total del espacio durante un año de capacidad de almacenamiento. En cuanto a la producción de lixiviados con temperaturas mayores al 30°C y con humedad superior al 50%, los desechos tienden a acelerar su descomposición.

**Palabras claves:** <RED INALÁMBRICA>, <NODOS INTELIGENTES>, <CONTROL DE DESECHOS>, <LIXIVIADOS>, <FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN>, <NIVEL DE DESECHOS>, <TRANSMISIÓN EN TIEMPO REAL>, <RIOBAMBA(CANTÓN)>.

## SUMMARY

The objective of the degree work was the implementation of a prototype for the monitoring of waste parameters in waste containers based on the “Eco-Tachos” design of the Riobamba city (STR). The prototype allows monitoring online the level of trash of each “Eco-Tacho”, the degree of pH, as well as the temperature and humidity that exists inside it; this allows to measure the characteristics of the leachates, as well as to improve the frequency of waste collection. To this purpose, three intelligent nodes called sensor, Gateway and the storage and monitoring node were integrated, which simultaneously allow monitoring physical and chemical variables of the container that influence the quality of the environment. The sensor node processes the data to be sent through the star-type Wireless network through the radio frequency module NRF24L01. This, in turn, communicates with the Gateway node to send the data through the Internet using a Wi-Fi module. All data is received and stored in the database located on the free server 000WebHost, which allows the visualization of the data through the web page that was created. The web page shows the values measured by the prototype in real time and in turn shows alerts, when an “Eco-Tacho” is already generating leachates and when the waste must be removed from the container. The tests carried out on the prototype showed that they have maximum Wireless coverage of 480 meters. Also, when examining the data sent to the database constitute 0.0115888% of the total space during a year of storage capacity. Regarding the production of leachates with temperatures higher than 30°C and with humidity greater than 50%, the waste tends to accelerate its decomposition.

**Keywords:** <WIRELESS RED>, <SMART NODES>, <WASTE CONTROL>, <LEACHATE>, <GATHERING FREQUENCY>, <WASTE LEVEL>, <REAL TIME TRANSMISSION>, <RIOBAMBA (CANTON)>.

## **INTRODUCCIÓN**

Debido al crecimiento de la población y a la falta de cultura sobre la composición de la basura, esta se ha convertido en un problema ambiental y social por lo cual el Ministerio del Ambiente ha visto la necesidad de implementar métodos para controlar los desechos residuales, sin embargo, algunas gestiones no han sido del todo óptimas ya que en la mayoría de casos se ha observado que la basura se descompone generando malos olores y problemas de salubridad.

Los problemas generados por la falta de recolección de basura permitieron el desarrollo de programas de recolección de los desechos colocando eco-tachos en sitios estratégicos de acuerdo a las necesidades de los barrios en las diferentes ciudades. A pesar de haber regulado este problema la disminución del impacto ambiental no ha sido la esperada ya que no se lleva un control de los desechos, ni la cantidad que ingresan a los eco tachos ocasionando así un llenado excesivo por ende se generan malos olores y malestar en la comunidad.

Frente a este panorama se ha visto la necesidad de mejorar la funcionalidad de los eco tachos creando un método de comunicación y automatización para monitorizar el estado y cantidad de los desechos en los eco-tachos evitando así la acumulación excesiva de basura y los efectos que esta ocasiona en el ambiente y a la salud de las personas; todo esto será controlado por la entidad competente.

## ANTECEDENTES

A nivel mundial las ciudades más ricas son las que más basura generan. En la India la ciudad de Bombay produce 11.000 toneladas de basura diaria; en china la basura aumenta al doble de la población; pero según estudios publicados en una revista científica estadounidense Nueva York es la ciudad que genera más desechos a nivel mundial alrededor de 33 millones de toneladas por año; la ciudad de México después de Nueva York es la que más desechos genera con 12 millones de toneladas por año (Ben Adler, 2016). Las autoridades de Nueva York han tomado medidas para que los metales, vidrio y plásticos sean tratados por la firma Sims Metal Management Municipal Recycling la cual se encarga de tatar unas 272 toneladas de las 800 toneladas diarias recogidas de metal, vidrio y plástico (eltelégrafo, 2015).

Una de las primeras ciudades en implementar los contenedores de basura inteligentes fue la ciudad de Afula del norte de Israel con 150 contenedores de basura, seguida de ciudades con población numerosas como Barcelona y Nueva York; los contenedores de basura de Afula informan en tiempo real que ya se encuentran llenos por medio de un dispositivo electrónico que incluye sensores, esta información llega a las entidades encargadas de recolectar basura (Grabinsky, 2015).

La ciudad de Nueva York requiere avances tecnológicos para ser capaz de administrar de mejor manera los problemas con los desechos de basura generados por casi 8.4 millones de habitantes y millones de visitantes; durante el 2015 se hicieron pruebas con los contenedores de basura inteligentes los cuales brindan un servicio para administrar los desechos, a su vez informan cuando se encuentran llenos y cuando emiten malos olores, todo esto funciona por medio de paneles solares para mantener cargado al dispositivo que se encuentra en el eco tacho y la velocidad de transmisión de los datos es de 50 a 5 megabits por segundo a través de red wifi, toda la información es recopilada para las entidades responsables de la recolección de basura (Cadena Humberto, 2015).

En octubre del 2014 y junio de 2015 según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) los hogares ecuatorianos en las zonas rurales generan un promedio de 0.57 kilogramos de desechos sólidos cada día, lo cual en la región insular su cifra incrementa a 0.72 kilogramos; con esto el Ecuador en el 2014 recolecto 11.203.24 toneladas de residuos sólidos cada día, siendo la región costa la que más recolección realiza con un monto de 6.229.92 tonelada cada día. Los municipios han colocado el 39% de los residuos en lugares como rellenos sanitarios, el 26% en

botaderos controlados, los botaderos a cielo abierto abarcan un 23% y las celdas emergentes tiene un 12%. Se estimó que para el 2017 existió 5,4 millones de toneladas generadas en el país, por lo cual se requiere una planificación del manejo adecuado de los residuos (INEC, 2015).

En el año 2002 se realizó un análisis de los desechos sólidos los cuales se encontraban en botaderos al aire libre provocando contaminación del aire, agua y suelo; motivo por el cual el Ministerio de Ambiente creó un programa para la gestión de los desechos sólidos en Ecuador colocando eco tachos para tener un control de los desechos disminuyendo la contaminación ambiental y mejorando la calidad de vida de la ciudadanía (Ministerio del Ambiente, 2015).

La Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental (EPAGAL) instaló alrededor de 140 contenedores distribuidos en la ciudad de Latacunga en los lugares que más se genera basura debido a la existencia de gran cantidad de viviendas, en la ciudad de Quito se colocaron 550 eco-tachos beneficiando a 75.648 pobladores con 86 toneladas de basura recogida (LaHora, 2007).

En la ciudad de Ambato 350.000 usuarios a diario utilizan los eco tachos, siendo para ellos el mejor recolector de basura, en el 2016 existían 1.400 eco tachos en Ambato, a los cuales para el 2017 se sumaron 447 debido a la gran demanda que hay; cada eco tacho le cuesta a la ciudad \$ 1.655 (eltelégrafo, 2017b).

En la ciudad de Riobamba, ver basura por todas las calles se ha vuelto común lo cual es un problema que con los eco tachos se ha disminuido considerablemente, recogiendo 150 toneladas de basura que eran depositados en el botadero ubicado en San Antonio del Porlón, se implementó un método de recolección de basura mediante contenedores con dos vehículos recolectores siguiendo una ruta y horarios. En el 2015 la dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene del GAD municipal de Riobamba en una rueda de prensa informó que ya se disponían de 500 contenedores que serían ubicados en los diferentes barrios de la ciudad con los cuales el sistema de contenerización y recolección cubriría el 60% de la ciudad, mientras que el 40% restante se mantendría con el mecanismo anterior (GADMR, 2015).

Una de las soluciones que se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el año 2016 donde se realizó la tesis de grado titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MULTIMODAL QUE PERMITA MONITOREAR Y CONTROLAR LA

## RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN TIEMPO REAL PARA SMART CITIES”

(Morocho Sailema Vanessa Elena & Quinapanta Páez Jonathan Ismael, 2016).

Pero este sistema que se implementó no obtuvo los resultados deseados para poder lograr recolectar la información necesaria para poder tomar los correctivos necesarios además este sistema no contaba con la protección adecuada del dispositivo siendo vulnerable a daños ocasionados por los mismos desechos y el ambiente, además este dispositivo era de fácil manipulación para cualquier usuario.

Por lo investigado se ve la necesidad de diseñar e implementar UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO DE CONTENEDORES DE BASURA BASADOS EN EL DISEÑO DE LOS ECO-TACHOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA logrando así recolectar los desechos de basura lo más pronto posible.

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

En el mundo los desechos de basura por horas son de 228.000 toneladas, de estos el 30% permanece sin ser recolectado lo cual destruye paulatinamente el medio ambiente ya que algunos desechos tardan demasiado tiempo en descomponerse; tal es el caso de las bolsas de plástico que tardan mínimo 150 años, el vidrio 4000, las pilas 1000 entre otros desechos. Por la contaminación ambiental en el mundo mueren 1.7 millones de niños menores de 5 años cada año, esto se debe a los residuos electrónicos no reciclados correctamente, siendo estos residuos un 19% del porcentaje de basura que llega a los 50 millones de toneladas; el país que más desechos genera por persona es Baréin con 907 kilos de desechos al año (Kirschbaum Ricardo, 2017).

El Ecuador al año genera más de 4'000.000 toneladas de basura, de esto las ciudades que más generan desechos en el país son las de Quito y Guayaquil con un 43%, un 39% de los municipios botan estos residuos sólidos que generan las personas en rellenos sanitario, además los desechos peligrosos que se generan en los diferentes establecimientos de salud el GAD con un 52,7% no toma un correctivo necesario al cual no brinda el tratamiento optimo y adecuado (EcuadorInmediato, 2016).

Por tal motivo la investigación se centra en la implementación de un prototipo, para lo cual es necesario usar nodos que nos permitan llevar y mantener un registro de toda la actividad de los

eco-tachos manteniendo esto en una base de datos, por otra parte se necesita un nodo de comunicación inalámbrica desde donde se genere alertas hacia el personal que está encargado de la recolección de basura, por otro lado la comunicación se llevará la supervisión en tiempo real y registro de las diferentes unidades que pueden conformar en el prototipo de red inalámbrica el cual está acorde a los lineamientos establecidos en la ESPOCH y cumple con los objetivos 3, 7 del El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 .

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

La investigación provee desarrollar un sistema constituido por una red de sensores a través de una comunicación inalámbrica la cual ayudará a una recolección de la basura más eficiente en la ciudad de Riobamba. El país tiene 72 rellenos sanitarios, de estos solo 45 poseen licencia ambiental, 16 están en proceso de adquirirla y 11 no cuentan con esta licencia por este motivo del millón de toneladas de residuos sólidos que podrían reciclarse en el país, solo el 25% son tratados adecuadamente (Alarcón Isabel, 2017). Este proyecto se basa en una red inteligente que permitirá la obtención de indicadores ambientales en los contenedores de basura urbanos, además se obtendrá información de la cantidad y tipo de desecho que ingresa a los eco tachos enviando información en tiempo real a las personas encargadas de la recolección.

Se instalará el dispositivo electrónico en los eco tachos de forma que no sea de fácil localización y extracción para los ciudadanos, este dispositivo cuenta con un módulo de localización, sensor de nivel, sensor de temperatura, sensor de humedad, formando un dispositivos capaz de enviar una alerta desde los eco tachos indicando que estos ya se encuentran llenos y procedan a ser vaciados; también en nuestro proyecto se tendrá un Módulo de Comunicación para la transmisión y recepción de estos datos a través de la red de telefonía móvil, es decir se enviará un mensaje de alerta en tiempo real al centro de monitorización con información del eco tacho, la hora, fecha, el sector que se encuentra ubicado; luego de esto este centro de monitorización enviara un mensaje al carro recolector de basura más cercano al eco tacho para que pueda llegar lo más rápido posible a realizar la recolección de los desechos que se encuentran en ese eco tacho.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los eco-tachos de la ciudad de Riobamba.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar sobre la implementación de proyectos similares para medir parámetros y tener un registro de los mismos.
- Analizar los requerimientos que necesita cada componente para entornos con diferentes factores que afectan a sistemas electrónicos.
- Definir la topología más adecuada para el sistema de monitoreo de los residuos en los contenedores de basura y diseñar el sistema basado en la información del estado del arte y factores de volumen, temperatura, humedad y pH.
- Implementar el sistema de monitoreo de los residuos en los contenedores de basura.
- Monitorear las variables de volumen, temperatura, humedad y pH que se presentan en los contenedores de basura.
- Medir la eficiencia del sistema de monitoreo de residuos en los contenedores de basura basándonos en la eficiencia de la comunicación y el registro de los parámetros medidos.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo afronta la parte teórica del trabajo de titulación, ya que trata la situación actual de los contenedores de basura en la ciudad de Riobamba, como las conexiones inalámbricas ayudará a la mejora de una red inteligente de comunicaciones, seleccionando las topologías adecuadas y a su vez los dispositivos para la fabricación del dispositivo.

Hace veinte años en España se implementó la Ley de envases y residuos de 1997, permitiendo la creación de los Sistemas Integrados de Gestión (SIG), las sociedades sin ánimo de lucro encargadas de gestionar el reciclaje de los residuos de envases ligeros, de papel y cartón y también de los envases de vidrio, que iniciaron su actividad en 1998 (Fernández Muerza Alex, 2017).

El 10 de febrero de 1982 en la plaza Sant Jaume de la ciudad de Barcelona se colocó el primer contenedor verde para el reciclaje de vidrio, siendo antes de que entrara en vigor la Ley de envases y residuos. En la actualidad del primer contenedor ya no quedan rastros (Fernandez Muerza Alex, 2017).

#### **1.1 Estado del arte**

En enero del 2018 Ecube Labs empresa que brinda soluciones inteligentes para la gestión de residuos, implementó 150 contenedores la primera fase en la ciudad de Baltimore en Maryland, Estados Unidos (Ecube Labs, 2018). La solución que ofrece Ecube Labs es trabajar de manera inteligente con bajos costos, mayor limpieza, optimización de rutas y por ende reducción de CO2.

CleanCUBE son contenedores que compactan los residuos con energía solar, también tiene sensores para detectar incendios y está fabricado con materiales contra daños intencionales y tornillos antirrobo, además utiliza la red 2G/3G para enviar sus datos a la plataforma de monitoreo CleanCityNetworks (EcubeLabs, 2018). Varios países ya están utilizando los CleanCUBE como Estados Unidos, China, Corea, entre otros.

Druidics y MicroGestión presentaron el primer contenedor inteligente de Argentina. ECO-BITS es un contenedor de basura basado en tecnología cognitiva de IBM Watson, el contenedor consta de un sensor fácil de encender el cual, con una laptop o un celular ingresa a la red WiFi de la

compañía y a través de una aplicación recibe alertas de llenado, además cuenta con un sitio web en el cual se puede monitorear en tiempo real el estado del ECO-BITS (Ingrassia Víctor, 2018).

En Sevilla se desarrolló el proyecto LIFE EWAS liderado por Wellness Smart Cities & Solutions, emplearon sensores Quamtra para medir el nivel de llenado del contenedor los datos obtenidos por el sensor son enviados a una plataforma de gestión para que el gestor de recogida municipal los analice y se reprogramme las rutas de recolección (Wellness Telecom, 2018).

El futuro del reciclaje y la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos está en la Inteligencia Artificial incorporada en brazos robóticos guiados por cámaras, estos son fabricados por Bulk Handling Systems (BHS) empresa que se dedica a la extracción de material reciclable, ayudando así a las entidades municipales para mejorar la eficiencia en su trabajo (General Electric Reports Latinoamérica, 2017). En ciudades como Barcelona y Madrid los contenedores se adaptan para incluir en este proceso a personas con discapacidades visuales y motoras ya que incluyen lenguaje braille, menor altura, pictogramas, son más fáciles de abrir y cerrar (Borrás Carla, 2015), además ayuda a la conservación del medio ambiente, frenar el cambio climático en un pequeño porcentaje y generan energías renovables (Arteaga Sandra, 2015).

## **1.2 Sistemas de monitoreo**

Son utilizados para el envío de información de determinadas variables medidas, en lugares remotos o difíciles de acceder, hasta llegar a la base de datos de las entidades interesadas, en donde se almacenan e interpretan datos por parte del personal o de manera automática. Comúnmente la comunicación para los sistemas de monitoreo se realiza a través de tecnologías Inalámbricas (Lizalda, Durán and Hernández, 2016).

Debido al avance de la tecnología las redes de sensores inalámbricos utilizados en sistemas de monitoreo, tienen mayor capacidad de autonomía y procesamiento, por lo cual existen muchas oportunidades para desarrollar diversas aplicaciones y sistemas con menor tiempo de respuesta y bajo costo de producción (Lizalda, Durán and Hernández, 2016).

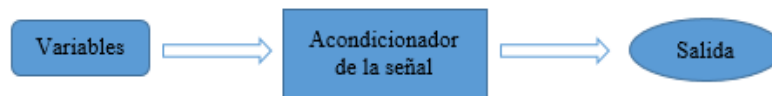
Por lo general los sistemas de monitoreo cuentan con tres bloques: el nodo sensor el cual obtiene los datos que son enviados al nodo coordinador, este se encarga de procesar la información y enviarla al nodo de monitoreo o visualización mediante diferentes métodos (Lizalda, Durán and Hernández, 2016).



**Figura 1-1:** Diagrama de Bloque Sistemas de monitoreo  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 1.3 Sensores electrónicos

Son dispositivos electrónicos que cuentan con una tecnología artificial que permiten interactuar con el entorno, logrando obtener información de variables físicas o químicas para procesarlas y así lograr ejecutar o activar órdenes eficientemente (Serna Ruiz, Ros García and Rico Noguera, 2010). En la figura 2-1 se puede observar el funcionamiento del sensor el cual se basa básicamente en la entrada que depende de la variable a medir, dando paso al acondicionador de la señal, el cual permite procesar los datos adquiridos para llevar un registro, indicador o control en la salida.



**Figura 2-1:** Funcionamiento del sensor, diagrama de bloque  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### 1.3.1 Características de los sensores

Estas dependen de las variables a medir, para poder tener una selección óptima de los sensores con los cuales se pretende trabajar es necesario tener en cuenta las siguientes características (Miguel, 2015).

- Sensibilidad: Permite tener el mínimo valor de la variable a medir.
- Rango: Diferencia del valor máximo y mínimo de la variable a medir.
- Exactitud: Diferencia del valor medido y del valor real que se encuentra midiendo.
- Rapidez de respuesta: Velocidad de respuesta que el sensor obtiene datos, dependiendo de las variaciones del entorno.
- Error: Margen que se obtiene entre el valor medido y el valor real.

#### 1.3.2 Clasificación de los sensores

Los sensores se clasifican de la siguiente manera (Serna Ruiz, Ros García and Rico Noguera, 2010):

- Por su funcionamiento: Estos sensores son activos o pasivos, es decir necesitan o no necesitan una fuente de energía externa para funcionar.

- Señales que entregan: La salida se pueden tener señales analógicas que son en forma de ondas o señales digitales “1” o “0”.
- Por la naturaleza de su funcionamiento: En este tipo existe una variedad de sensores ya que a través de ellos se puede medir variables de temperatura, humedad, movimiento, posición y lo que son los fotoeléctricos.
- Por su fabricación: Estos sensores disponen de variantes como son las resistivas, capacitivas, inductivos y semiconductores.

### **1.3.3 Sensor de Nivel Ultrasónico**

Permiten saber la distancia que se encuentra determinada sustancia u obstáculo con el fin de asegurar determinado nivel o zona, este cuenta con dos ejes; el vertical, que no debe ser tan grande para evitar que el sensor actúe de inmediato y el horizontal que debe tener magnitudes grandes para cubrir una zona extensa. Este sensor actúa dependiendo el rango del eje, recibe un impulso digital para emitir ondas ultrasónicas, logrando transformar esta señal en ondas eléctricas analógicas, lo cual el dispositivo lo amplifica y así permite tener señales digitales a la salida (Erich ET AL. Zabler, 2002).

### **1.3.4 Sensores de Temperatura y Humedad**

Los sensores de temperatura son capaces de transformar las variables físicas del entorno como entrada para registrar señales eléctricas en la salida. En la figura 3-1 se explica los componentes básicos del sensor; el cuerpo permite la interacción del sensor con las conexiones eléctricas del circuito; la sonda hace la conversión de la señal física en señales eléctricas; la vaina ayuda al recubrimiento de la sonda y la rosca une el cuerpo con la vaina (Cerdá Filiu, 2014).

Por otro lado, los sensores de humedad permiten medir la abundancia de agua en el ambiente en los estados líquido, sólido o gaseoso (Serna Ruiz, Ros García and Rico Noguera, 2010). Estos sensores son capaces de permanecer en ambientes húmedos, a su vez estos transforman las variables físicas en señales ya sea analógicas o digitales.



**Figura 3-1:** Componentes del sensor de temperatura  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Hoy en día, el mercado posee gran variedad de sensores, por ende, ya se consiguen sensores que incorporen dos sensores en uno, es el caso del sensor de temperatura y humedad.

### **1.3.5 Sensor de pH**

Con este dispositivo se puede saber el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, se la mide en la escala de 0° a 14°, para ello es necesario tener un medidor de alta impedancia de entrada; el sensor consta de un bulbo de vidrio sensible a iones de hidrógeno, el cual cambia de acuerdo a la concentración de iones en el bulbo; por ello este sensor mide las tensiones mínimas del electrodo para poder tener en la salida con valores medidos de pH (OMEGA, no date).

## **1.4 Topologías de Redes Físicas**

Se interpreta de acuerdo a la distancia, para que cada uno de los nodos se encuentre conectados. Hoy en día existen redes híbridas que permiten la unión de varias topologías en una misma red (Gil Vázquez, Pomares Baeza and Candelas Herias, 2010), para esto se detallará el funcionamiento de cada topología e identificar cual proporcionará el mejor rendimiento del prototipo.

### **1.4.1 Topología Bus**

Básicamente no tiene dispositivos físicos intermedios; tiene un solo canal al que todos equipos se encuentran conectados para la transmisión (Pablos Heredero, 2004). La figura 4-1 permite ver como un cable o bus de comunicación interconecta todos los nodos en una red.



**Figura 4-1:** Esquema de Topología Bus  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### **1.4.2 Topología Anillo**

Es similar a la topología de bus, la diferencia que el bus llega al punto donde se inició la comunicación, produciendo un anillo (Pablos Heredero, 2004). En la figura 5-1 se puede observar

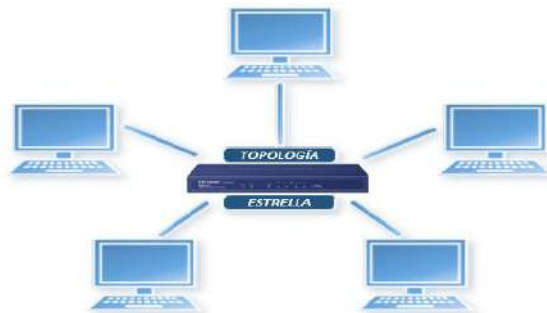
como el bus conecta cada dispositivo uno tras otro, en el mismo sentido hasta llegar al punto de partida.



**Figura 5-1:** Esquema de Topología Anillo  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### 1.4.3 Topología Estrella

Esta topología tiene un punto central como se muestra en la figura 6-1, todas las estaciones o nodos se encuentran conectados a este, así toda la comunicación que existe en la red pasa por este punto central (Andreu Gómez, 2011).



**Figura 6-1:** Esquema de Topología Estrella  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### 1.4.4 Topología Malla

Esta topología permite el enlace directo de cada nodo con los demás nodos, lo cual realiza enlaces redundantes como se muestra en la Figura 7-1, si alguna conexión falla, puede tomar otro camino para que la información no se pierda durante la comunicación (Neuft et al., 2012).



**Figura 7-1:** Esquema de Topología Malla  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 1.4.5 Topología Árbol

Esta topología parte siempre de un nodo central, siendo este el más importante o la raíz, el cual distribuye varias ramas como se observa en la Figura 8-1; para que un nodo final de una rama se pueda comunicar, siempre los nodos que les anteceden deben estar en plena actividad (Da Paz Teixeira, 2015).



**Figura 8-1:** Esquema de Topología Árbol  
Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 1.4.6 Análisis de las topologías

En la tabla 1-1 se puede analizar las conexiones de las diferentes topologías, así mismo las ventajas y desventajas de estas poseen.

**Tabla 1-1:** Análisis de las diferentes topologías.

Topología	Conexión	Ventajas	Desventajas
<b>Bus</b>	Varios nodos se conectan a una misma central	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arquitectura simple y fácil de instalación.</li> <li>✓ No utiliza mucho cableado para su implementación.</li> <li>✓ Cuando una estación falla, las demás siguen comunicándose.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El canal tiende a degradarse con facilidad por problemas que existan en el canal.</li> <li>✓ El desempeño es distribuido según como crece la red</li> </ul>
<b>Anillo</b>	Varios nodos se conectan unos a otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tiene un acceso equitativo y el rendimiento no decae.</li> <li>✓ Todos los dispositivos conectados a esta red tienen un acceso equitativo</li> <li>✓ Si varios usuarios se conectan a la red esta no decae.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los usuarios pueden ver la información hasta que esta llegue a su destinatario.</li> <li>✓ Si la red crece, el canal tiende a degradarse.</li> <li>✓ Si existe problemas es difícil de dar con ellos o repararlos.</li> <li>✓ Cuando el canal o una estación falla, las demás estaciones quedan sin comunicación.</li> </ul>
<b>Estrella</b>	Varios nodos se conectan a un hub central	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilidad de detección de daños o anomalías.</li> <li>✓ Posee un gasto energético homogéneo.</li> <li>✓ Muy sencilla y rápido en su desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mas tendencia a colisiones de acuerdo como aumenten los nodos.</li> <li>✓ No posee mucha escalabilidad.</li> <li>✓ Si el nodo central tiene fallas o deja de funcionar, la red se cae.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Posee mayor robustez de la red.</li> <li>✓ Su latencia es baja .</li> </ul>	
<b>Árbol</b>	Parte de un nodo raíz el cual distribuye nodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite que la red se expanda asegurando una ruta de transmisión.</li> <li>✓ Tiene un menor porcentaje de colisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tienen cuellos de botella muy elevados.</li> <li>✓ Si un nodo del router cae puede que la red también colapse.</li> <li>✓ El algoritmo de enrutamiento dinámico es difícil de implementar, costoso a la vez y no es muy fiable.</li> </ul>
<b>Malla</b>	Todos los nodos se conectan entre todos los nodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La información se puede transmitir por diferentes rutas, si un nodo o varios caen la información no se pierde logrando que la transmisión sea eficiente</li> <li>✓ Es escalable sin necesidad de tener muchos nodos, lo cual permite menor costo de instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tiene un alto grado de colisiones.</li> <li>✓ Alta complejidad en el sistema.</li> <li>✓ La latencia de la red es elevada.</li> <li>✓ Tiende a muchos fallos al momento de probarlo e implementarlo.</li> </ul>

**Fuente:** (Vela, 2016), (Trujillo, 2012)

**Realizado Por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En base a la información detallada en la Tabla 1-1 se determinó que la topología de red a utilizar es la Topología Estrella, debido a que varios nodos sensores (Eco-Tachos) estarán conectados a un nodo Gateway, este permitirá recolectar toda la información de los nodos, para ser transmitida al internet y almacenada en la base de datos.

## 1.5 Tarjetas de desarrollo

También conocidas como placas de desarrollo para hardware, realizan todo lo que es sistemas embebidos, cada tarjeta tiene su diferente lenguaje de programación o a su vez su sistema operativo (Quispe, 2017).

### 1.5.1 Raspberry

Es una pequeña computadora de bajo costo, puede conectarse a una pantalla, teclado, mouse tarjetas SD, adaptadores USB y cables HDMI de acuerdo al proyecto que se va a realizar. Además, por medio de sus conexiones de entrada y salida es capaz de comunicarse con el mundo exterior. Raspberry fue creado con la finalidad de ayudar a las personas a comprender de mejor manera el mundo digital (Raspberry, 2018).



**Figura 9-1:** Tarjeta Raspberry PI  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 1.5.2 *Arduino*

Es una herramienta con hardware y software de fácil utilización para proyectos desde prototipos sencillos de estudiantes hasta complejos instrumentos científicos, además Arduino ofrece algunas ventajas sobre otros sistemas (Arduino, 2018):

- Es barato
- El IDE se ejecuta en MAC, Windows y Linux
- Se puede crear una versión propia del módulo y mejorarlo.



**Figura 10-1:** Tarjeta Arduino  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Con la información obtenida de las paginas oficiales de Arduino y Raspberry se concluyó que Raspberry es un miniordenador mientras que Arduino es un microcontrolador, es decir una parte de un ordenador, pero es una herramienta muy útil para el desarrollo de prototipos además es de bajo costo, por lo cual es óptimo para el desarrollo del prototipo (Alberto García, 2017).

## 1.6 **Tecnologías inalámbricas**

Es aquella que se comunica sin un medio físico, sin cables de por medio entre los participantes de esta comunicación logrando conectar varios nodos, dispositivos o equipos, obteniendo como resultado la transmisión de información, el medio que utiliza esta comunicación es el espectro radioeléctrico, a su vez utiliza las ondas electromagnéticas, saliendo y llegando las mismas a los equipos, como son los puertos de entrada-salida (Bernal, 2008).

### 1.6.1 Estándar IEEE 802.15.4 ZigBee (WPAN)

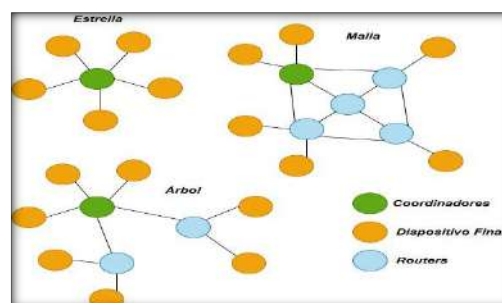
Es una tecnología de corto alcance, fue creado por Zigbee Alliance en 1998, es de bajo costo, bajo consumo energético para aplicaciones domóticas e industriales (ZigBee Alliance, no date). Zigbee contempla cuatro capas; la capa Física, capa de Red, Capa de MAC y capa de Aplicación. Algunas de las características que ofrece esta tecnología son el de transferencia de datos confiable y varias características de seguridad (Acosta Ponce María Catalina, 2006).

La principal función de ZigBee es crear una red jerárquica, compuesta de tres diferentes dispositivos dependiendo de sus funciones:

**Nodo coordinador ZigBee (ZCN):** Es la raíz del árbol de la red, es un puente para otras redes, es capaz de almacenar datos de la red, actúa como repositorio para llaves de seguridad (Moreno Javier Martín & Fernández Daniel Ruiz, 2007).

**Dispositivo de función completa (FFD):** Intermediario entre el router que transmite datos desde otros dispositivos, necesitan menos memoria que los ZCN, menor costo de fabricación, puede actuar solo como coordinador (Moreno Javier Martín & Fernández Daniel Ruiz, 2007).

**Dispositivo de función reducida (RFD):** No puede retransmitir datos de otros dispositivos, necesita menos memoria, solo habla con el coordinador de la red (Moreno Javier Martín & Fernández Daniel Ruiz, 2007). En la Figura 10-1 se observan las diferentes topologías de la tecnología ZigBee que soporta.



**Figura 11-1:** Topologías de ZigBee  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 1.6.2 Estándar IEEE 802.11 Wifi (WLAN)

Posee algunas actualizaciones, se las ha colocado con una letra específica del sub índice 802.11x, (x tiene varios cambios denominados 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac), trabajando en la capa física y la de enlace de datos (Pablo Jara Werchau and Patricia Nazar, 2013).

## **Estándar IEEE 802.11n**

Puede alcanzar velocidades de 600 Mbps en las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz, como es una mejora el IEEE 802.11n, es compatible con todas las actualizaciones anteriores, teniendo un rendimiento elevado por el hecho de que es menos congestionada en la frecuencia de 5GHz (Prieto Blázquez, 2015).

## **Estándar IEEE 802.11ac**

La última actualización 802.11ac puede llegar a alcanzar velocidades de hasta 7 Gbps, logrando utilizarse en los servicios de tasas de datos más altas, dando un ancho de banda de canal de 80 MHz (Pérez *et al.*, 2016).

### **1.6.3 Radio Frecuencia (RF)**

Esta comunicación se produce al momento que una señal que trabaja en el rango de 30kHz hasta 300GHz se irradia desde un transmisor hasta el destino, en este caso el receptor, independientemente si existe línea de vista (LOS) o no, la señal durante su transmisión puede tener diversos efectos, hasta que llegue a su destino (Carlos, no date).

## **Características**

- Posee propagación en varias direcciones: Con o sin línea de vista, ondas terrestres y de cielo.
- Toda la información que esta transmite posee diversas naturalezas: voz, video, datos.
- La longitud de onda con la que trabaja llega a los 10 MHz.
- Las emisiones de las señales son: AM, FM y Banda lateral única.
- Bajo Costo, bajo consumo de energía, fácil implementación

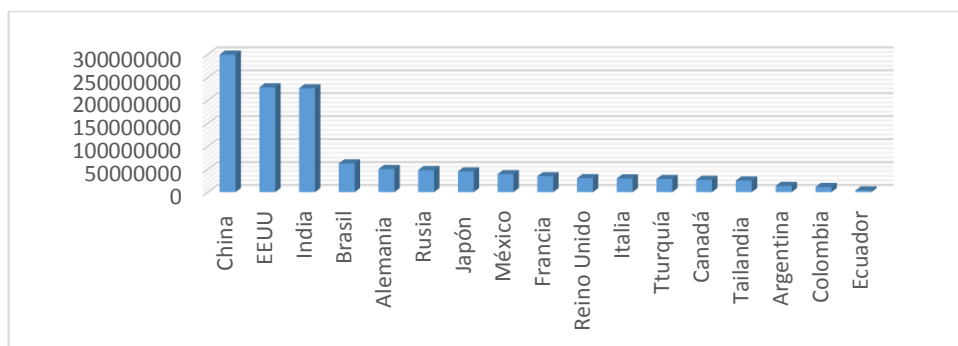
### **1.7 Residuos sólidos urbanos**

Viene de la palabra en latín residuum que se refiere a todo material que ha cumplido su misión y vida útil (Gómez de la Torre, Blanco Mariana, 2015). Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son aquellos que se generan como consecuencia de las actividades diarias que realizan las personas; de carácter doméstico o comercial (Saralegui Beñat Prieto, 2015).

### 1.7.1 Situación Actual de los residuos sólidos urbanos

Desde el inicio de los tiempos hemos sido consumidores y con la llegada de la Revolución industrial las necesidades de las personas incrementaron, a más de los productos orgánicos que consumíamos, empezamos a utilizar otro tipo de productos. Por lo cual se empezó a generar más basura en el mundo (Guijarro Luis, 2016).

Según la Organización de Naciones Unidas (ONU) estimaron que en el 2011 la población en el mundo era de 7000 millones, para el 2015 la población aumentó a 7300 millones, se ha estimado que en 15 años la población será de 8500 millones. De acuerdo a los datos obtenidos del crecimiento poblacional el incremento de los RSU también será notable (ONU, no date).

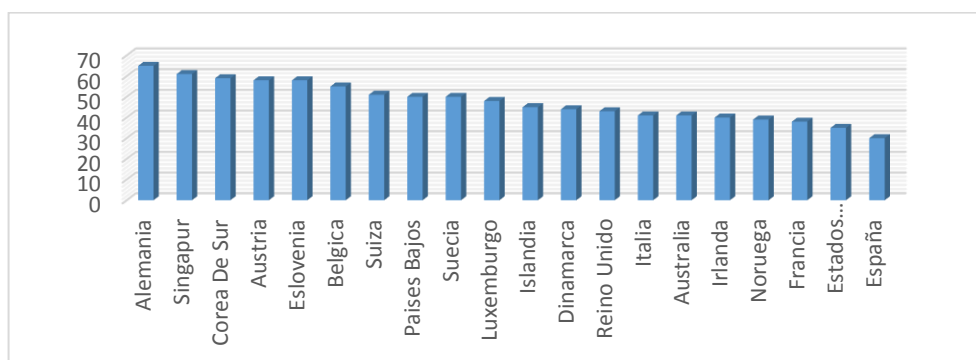


**Gráfico 1-1:** Estadísticas de RSU a nivel Mundial

**Fuente:** (University of Leeds, ISWA, SWEEPNET, WIERT, 2014)

**Realizado Por:** MAYORGA Paúl; PANCHI Johana; 2019

En el Gráfico 1-1 se muestra estadísticas de algunos países y la cantidad de RSU en toneladas que generan al año de los cuales la mayor cantidad son desechos orgánicos. China lidera como uno de los países con más contaminación por residuos con 300 millones, seguida de Estados Unidos con 228 millones de toneladas anuales esto se debe a que las ciudades más desarrolladas compran más cosas y esto genera más desechos (infobae, 2017).



**Gráfico 2-1:** Países que más reciclan

**Fuente:** (HÖHR RAFA & RIPA JAIME, 2016)

**Realizado Por:** MAYORGA Paúl; PANCHI Johana; 2019

En el Gráfico 2-1 se muestran los países que más reciclan. Alemania encabeza la lista con el 65%, el total de sus RSU son reciclados y convertidos en abono, el resto ayudan a la recuperación de energía siendo incinerados y van a botaderos (Guijarro Luis, 2016).

Singapur va segundo, al reciclar el 60% de los RSU, pusieron en marcha un proyecto llamado Singapore Green Plan, la basura es recogida cada dos semanas, para que las personas desarrollen su capacidad de administrar los desechos, esto ayuda al ahorro de combustibles de los carros recolectores. La mayoría de residuos son incinerados convirtiéndolos en energía para la planta Senoko, esta cuenta con un software de primera para la clasificación de RSU (Rubio David, 2016).

Corea del Sur es el Tercer país con 59% de reciclaje, buscan cuidar el medio ambiente, para ello la basura se clasifica de acuerdo a 4 naturalezas: la primera es restos de comida que sirvan de alimento para animales, la segunda, basura que no pueda ser alimento, la tercera son los reciclables y la cuarta son objetos de gran tamaño como sofás, mesas, entre otros. Los ciudadanos deben pagar por estos RSU de acuerdo a la cantidad que generan esto incentiva a que se gestione de manera sus desechos (Secretaria del Ambiente, 2011).

### ***1.7.2 Relación entre los Residuos, la salud y el ambiente***

Hay tres condiciones en las que los desechos afectan directamente a la salud de las personas. La primera se produce por bacterias y parásitos presentes en los desechos, que se transmiten enfermedades a través de mosca, ratas y cucarachas; la segunda es causada por objetos corto punzantes, esto pone en riesgo la salud de las personas que frecuentan los botaderos ocasionando infecciones; la última afecta al sistema respiratorio por la quema de residuos (Sáez, Alejandrina; Urdaneta G., 2014).

El manejo inadecuado de los residuos también causa consecuencias en el ambiente ya que al estar en contacto con el suelo, agua y aire producen contaminación, tales como en el agua haciéndola un medio no apto para el consumo ni la vida, infertilidad de la tierra, degradación del aire debido al metano y los gases que se producen al quemar residuos como el plástico (Sáez, Alejandrina; Urdaneta G., 2014).

El Desarrollo es otro de los aspectos que afecta el tratamiento ineficiente de los desechos debido a que los países gastan grandes cantidades de dinero para sus beneficios en la productividad y el desarrollo económico por lo cual se reduce la calidad de vida de los ciudadanos, (Sáez, Alejandrina; Urdaneta G., 2014).

### ***1.7.3 Relación entre los Lixiviados, la salud y el ambiente***

Los lixiviados son los líquidos que se generan en un lugar donde se acumula basura. Estos lixiviados provienen de desechos de diferentes composiciones lo que lo hacen muy dañino para el medio ambiente y la salud ya que pueden generar contaminación del suelo y del agua debido a que tiene altas concentraciones de polutantes inorgánico, orgánicos, sales inorgánicas, metales pesados (Najera Aguilar, no date). El no tratar adecuadamente los desechos asiste a la proliferación de los lixiviados.

De acuerdo a las mediciones de pH realizadas en un vertedero de la ciudad de la Habana los valores de pH en la mayoría eran superiores a 7 lo cual significa que tiene un alto grado de descomposición lo cual es perjudicial para la salud (ESPINOSA LLORÉNS *et al.*, 2010).

### ***1.7.4 Temperatura, humedad de los contenedores que afectan en la salud y el ambiente***

Las altas temperaturas del ambiente y las lluvias que de igual manera se producen, generan que la basura ya sea que este dentro o fuera del contenedor se descompongan rápidamente y se generen bacterias y olores, todo esto atraen a las moscas las mismas que colocan sus huevos siendo el mejor lugar un contenedor, logrando así reproducirse en altas temperaturas de hasta un 70 a 80%, estas permiten transmitir los males, otro factor que ocasiona es el llamamiento de los roedores, todo esto ocasiona un riesgo para la salud de la población, un caso viene a ser enfermedades diarreicas agudas (EDAS) que tiene un incremento de hasta 3 a 4 % en la semana promediados al año con 312 casos (Alire and Ramos, 2017).

### ***1.7.5 Normativa y Leyes del manejo de la basura en el Ecuador***

Para el presente trabajo de titulación se ha tomado en consideración la Ley de Gestión Ambiental la cual en sus diferentes artículos detalla los principios de la gestión ambiental, la entidad encargada de esta gestión, evaluación y control del impacto ambiental, la participación social ('LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION', 2004).

La Ley Orgánica de Salud define como deben ser tratados los Residuos Sólidos Urbanos para que no afecten a la salud de las personas (Secretaría Técnica Plan Para Toda Una Vida, 2012).

## **1.8 Contenedores de basura**

Son una herramienta clave para combatir la excesiva acumulación de basura. Mientras incrementa el número de habitantes en el planeta asciende más la cantidad de basura producida. Los hábitos

de la sociedad es parte fundamental de este problema ya que compramos y desechamos lo que puede ser reutilizado (Zuma, 2016).

El departamento de higiene del Municipio de Riobamba dispone de personal y de vehículos para la recolección de la basura, sin embargo, la recolección no es del todo eficiente por lo que se colocaron Eco-Tachos en sitios estratégicos de las ciudades (eltelégrafo, 2013). A pesar de contar con este Sistema de Contenerizado y Recolección de desechos los moradores de determinados lugares aseguran que los Eco-Tachos están saturados y produciendo malos olores por lo cual se requiere una mejor gestión de los contenedores (eltelégrafo, 2017a).

### ***1.8.1 Contenedores inteligentes***

Pueden facilitar la eficiencia de la recolección en las ciudades debido a que los contenedores ordinarios no cuentan con un sistema que informe el estado del contenedor, además los niveles de basura siguen aumentando al igual que los costes de su recogida alrededor de 205 millones de dólares en 2010. Para el 2025 se estima que la cifra incrementará a 375 millones de dólares, por lo cual algunos países han implementado contenedores inteligentes que detectan los niveles de basura de llenado e informan cuando se debe vaciarlos analizando la mejor ruta para su recolección (Navarro Macías, 2017).

Varios países ya han implementados contenedores inteligentes como la ciudad de Nueva York que es una de las ciudades que más desechos genera a nivel mundial. En Massachussets una empresa de gestión de residuos puso en marcha un proyecto para reducir el impacto que causa dicho problema de la recolección de desechos (Lordméndez, 2015).

Este proyecto busca proveer WiFi a través de sus contenedores, los cuales son alimentados con paneles solares, iniciaron con la instalación de 170 contenedores que tienen dos propósitos; el primero es detectar cuando están llenos y emiten malos olores, de esta manera se evitará que los carros recolectores realicen viajes innecesarios; el segundo es brindar cobertura WiFi, cuentan con un ancho de banda de 50 a 75 Mbps y se realizaron pruebas para ver cuántas personas podían conectarse, además se midió la calidad de señal dando resultados favorables (Lordméndez, 2015). En la Figura 12-1 podemos observar los contenedores que proveen Wifi a la ciudad de Nueva York.





**Figura 12-1:** Contenedores con Unidades WiFi en Nueva York  
**Fuente:** (Lordméndez, 2015).

En Holanda en la ciudad Groningen se implementó contenedores robotizados que piden Documento Nacional de Identidad (DNI) como se muestra en la Figura 13-1, para esto se utiliza lectores RFID que controlan que la tapa se abra solo cuando la persona se ha identificado mediante el uso de baterías de alto rendimiento que les permiten autonomía durante 5 años aproximadamente (La Información, 2016).

Una vez depositados los desechos son clasificados en reciclables y desperdicios, en base a esto cobran cierta cantidad de dinero de acuerdo a la cantidad depositada por los desperdicios, los desechos reciclables no tienen precio. Con estos dispositivos lograron ahorrar 92.000 euros anuales y en un 18% se redujo los contaminantes atmosféricos (La Información, 2016).



**Figura 13-1:** Contenedores en Groningen - Holanda  
**Fuente:** (La Información, 2016)

En Barcelona desde el 2015 se implementaron sensores ultrasónicos en los contenedores de basura para determinar cuándo se encuentran llenos y optimizar rutas, además buscan mejorar el sistema para premiar a las personas que realicen una clasificación correcta de los desechos (El Periodico, 2018), (La Vanguardia, 2015).

En la Figura 14-1 podemos observar los contenedores inteligentes implementados en Barcelona.



**Figura 14-1:** Contenedores Ultrasónicos en Barcelona  
**Fuente:** (Navarro Macías, 2017).

En Ecuador se desarrolló un prototipo de contenedores inteligentes los cuales son transparentes para ayudar a los ciudadanos a clasificar los residuos de manera adecuada, además cuentan con sensores que obtienen datos de la clasificación de los desechos. De acuerdo a como se realiza la clasificación en una pantalla se muestran videos de como el reciclaje ayuda a salvaguardar la naturaleza esta idea fue desarrollada por un estudiante de la carrera Interactividad y Multimedia de la Universidad San Francisco de Quito (El Comercio, 2016).

### ***1.8.2 Eco-tachos en la Ciudad de Riobamba***

El GADMR con el propósito de mejorar el servicio de recolección de Residuos Sólidos en el Cantón Riobamba, emprendió acciones que van encaminadas a minimizar los impactos negativos que venían provocando los residuos sólidos en la ciudad, dentro de los cuales se destaca la recolección uno de los más costosos elementos funcionales y considerada como la parte medular de la gestión Integral de Residuos Sólidos que tiene como objeto preservar la salud pública mediante la recolección de los residuos de los domicilios y centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento y/o disposición final, de la manera más sanitaria posible, eficientemente y con el mínimo costo (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

Por lo que decidieron modificar el concepto y proceso de recolección de la basura a través de “La Contenerización”, misma que se considera como una modalidad de recolección innovadora y tecnificada que permite optimizar la utilización de recursos materiales y humanos; bajar los costos de procesamiento de basura; liberar vehículos para reforzar el servicio en otras zonas; destinar más trabajadores al barrido de calles; pero sobre todo, apostar a un mayor compromiso y actitud ciudadana para con la limpieza de la salud (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

Los contenedores de la ciudad de Riobamba actualmente son 1050 fabricados con acero galvanizado y tienen un precio de \$ 1850, los mismos que se encuentran a lo largo de la ciudad desde el sur vía Chambo al norte Cda Las Acacias (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

Con la implementación de los contenedores se evitó que los residuos sólidos domiciliarios permanezcan esparcidos en las veredas, calles y avenidas de la ciudad en donde actualmente se brinda el servicio de recolección a través del sistema de carga lateral, anteriormente se brindaba con el sistema de carga posterior pero los inconvenientes se debían a las personas que realizan reciclaje que esparcían la basura, así como también los perros callejeros rompían las fundas en busca de alimentos lo cual se evitó con los contenedores ya que la ciudadanía ahora ya puede colocar los residuos las 24 horas del día (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

Las necesidades actuales determinadas por el GADMR es la adquisición de nuevos contenedores para seguir ampliando el servicio, como también para la reposición para los contenedores dañados por el desgaste o por incidentes como: la mala manipulación de los contenedores por las malas costumbres de los ciudadanos que no cuidan los bienes públicos, los accidentes de tránsito que conlleva a que los contenedores que son chocados se necesita que sean retirados para su mantenimiento y posteriormente a colocarlos en otros sitios y puedan seguir brindando el servicio a la comunidad (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

El vaciado de los contenedores se los realiza mediante 6 vehículos recolectores, así como la limpieza se realiza con 2 vehículos lava contenedores. Los cuales necesitan mantenimiento preventivo y correctivo, el cual lo brinda los talleres municipales a la medida que se vayan presentando (GADMR Desechos Sólidos, 2018).

### ***1.8.3 Grados de Protección IP***

Esta protección se refiere a la norma IEC 60529 la cual fue desarrollado por la International Electrotechnical Commission (IEC), (Rojas, 2015). Se utiliza en equipos y equipamiento eléctrico y electrónico, también es de uso industrial como en sensores, controladores, medidores, entre otros. Esta norma fue creada para determinar el grado de protección mediante codificación con letras y números de la siguiente forma (Martín Castillo and García García, 2009):

IP xx existe un valor para cada x de acuerdo al nivel de protección contra el ingreso de líquidos y cuerpos sólidos al interior del equipo, también se suele representar con las letras IK que se refiere a la protección contra choques mecánicos (Martín Castillo and García García, 2009).

En la Tabla 2-1 se puede observar las características de los grados IP según como vayan variando las letras XX.

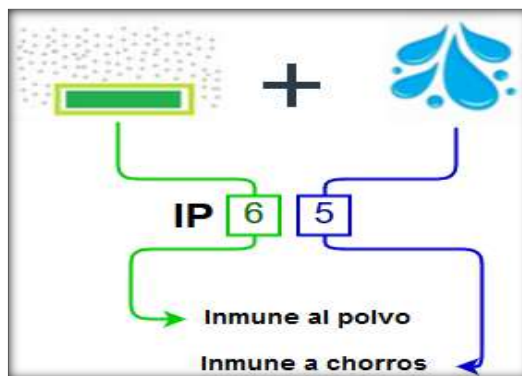
**Tabla 2-1:** Nomenclatura de grados de protección IP

Nomenclatura	Contra Sólidos	Contra Agua
<b>IP 0X</b>	Sin protección	
<b>IP 1X</b>	Mayores a 50mm	
<b>IP 2X</b>	Mayores a 12mm	
<b>IP 3X</b>	Mayores a 2.5mm	
<b>IP 4X</b>	Mayores a 1mm	
<b>IP 5X</b>	Protegido del polvo	
<b>IP 6X</b>	Inmune al polvo	
<b>IP x0</b>		Sin protección
<b>IP x1</b>		Gotas con caída vertical
<b>IP x2</b>		Gotas con caída con inclinación mayor a 15°
<b>IP x3</b>		Gotas con caída con inclinación hasta 60°
<b>IP x4</b>		Rociado de agua
<b>IP x5</b>		Chorros de agua
<b>IPx6</b>		Chorros continuos de agua
<b>IPx7</b>		Sumersión temporal
<b>IPx8</b>		Sumersión permanente

Fuente: (Intertek Group plc, no date)

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la figura 15-1 se puede observar a través de un ejemplo como es la nomenclatura de la protección IP.



**Figura 15-1:** Ejemplo Grado de Protección IP

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se detallará el tipo de metodologías, las técnicas y el método utilizado para cumplir con los objetivos planteados del prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los Eco-Tachos de la ciudad de Riobamba.

Para investigar proyectos similares de contenedores automatizados de basura para medir parámetros y tener un registro de los mismos se aplicará la investigación descriptiva, esta necesita una detallada representación acerca de los contenedores automatizados ya puestos en marcha en otros países, además es necesario conocer los servicios que brindan cada uno.

Al analizar los requerimientos que necesita cada componente para entornos con diferentes factores que afectan a sistemas electrónicos, se utilizará la investigación básica debido a que se obtiene y registra las diferentes características de los sensores de volumen, temperatura, humedad y pH, tarjetas de desarrollo, paneles solares, cajas de protección IP, para lograr una correcta elección de los dispositivos a utilizar.

Para definir la topología adecuada del sistema de monitoreo de los residuos en los contenedores de basura, se analizará las ventajas y desventajas de las diferentes topologías existentes, de esta manera se tendrá un diseño del sistema basándose en la información recopilada del estado del arte y factores de volumen, temperatura, humedad y pH.

Para implementar el sistema de monitoreo de los residuos en los contenedores de basura se apoyará en la investigación de campo ya que el fenómeno en el que se basa el proyecto es la mala gestión de los Residuos Sólidos y generación de lixiviados, que se generan en los contenedores ubicados en las diferentes calles de la ciudad en los que se implementará el prototipo.

El monitoreo de las variables de volumen, temperatura, humedad y pH que presentarán los Eco-Tachos, permitirá aplicar la investigación descriptiva para detallar como se manifiesta e interpretar cada variable que miden los sensores.

Finalmente, para medir la eficiencia del sistema de monitoreo de residuos en los contenedores de basura basados en la eficiencia de la comunicación y el registro de los parámetros medidos, se utilizará el estudio correlacional, este compara los valores medidos por el prototipo con los valores

referenciales de cada sensor, también se tomarán los tiempos de respuesta en la comunicación y en el intervalo de medición.

A su vez es necesario aplicar algunos métodos de investigación, seleccionando los más adecuados para desarrollar un sustento sólido, logrando adaptarlos al prototipo; para esto se usará:

- **Método Cuantitativo:** Este permitirá tener una objetividad en escalas de medición para los diferentes elementos de estudio, en este caso son las variables de temperatura, humedad, pH y de nivel. Para esto se utilizará escalas de medición, estadísticas que llevarán a describir el comportamiento de cada una de las variables a aplicar y así lograr exponer el impacto que cada una de estas genera
- **Método Experimental:** Por medio del mismo se logrará realizar simulaciones del funcionamiento del prototipo, diagramas de bloques y flujos, para tener una mejor perspectiva del funcionamiento del prototipo; todo esto tendrá un beneficio económico y de optimización del tiempo antes de ser implementado en el eco-Tacho.

El modelo orientado a prototipos (Yadira, 2010), es en el cual se basará este capítulo, debido a que permite varios pasos a seguir para el correcto desarrollo del prototipo:

1. Requerimientos del diseño del prototipo para el eco-tacho
2. Diseño del prototipo
3. Implementación

## **2.1 Desarrollo de la metodología orientada a prototipos**

Esta metodología permitirá investigar, definir los requerimientos, diseñar e implementar, conociendo las diferentes ventajas y desventajas que presenta la misma permitiendo el desarrollo más adecuado para el prototipo.

### ***2.1.1 Requerimientos del diseño del prototipo para el eco-tacho***

Se han identificado varios parámetros que debe cumplir el prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los eco-tachos de la ciudad de Riobamba, que permitirá dar validez y sustentación de lo hecho; para esto se detallan a continuación:

- Protección IPxx para cada dispositivo

- Alimentación autónoma energética
- Almacenamiento prolongado de la energía (48 horas)
- Dispositivo capaz de incorporarse al eco-tacho
- Debe ser escalable
- Trabajar en red
- Ubicación idónea del dispositivo para evitar fácil extracción
- Envío periódico de la información en tiempo real y con el menor retardo
- Presentar información referida a los niveles de temperatura, humedad, nivel y pH
- Identificación de cada Eco-tacho automatizado para facilitar el reconocimiento de cada dispositivo instalado

Esta sección también se detalla las características de los diferentes dispositivos que forman parte de cada módulo del prototipo y una descripción de la elección de cada uno, a su vez se expondrá por qué se realizó dicha elección.

### 2.1.2 Fuente de Energía

Para el presente trabajo se va a utilizar paneles solares para lo cual a continuación se realizarán los cálculos correspondientes (como se muestra en la Tabla 1-2) para determinar la potencia necesaria para la alimentación eléctrica de los dispositivos del prototipo de monitoreo y nos permita 48 horas de independencia solar.

**Tabla 1-2:** Calculo del Panel Solar

Dispositivo	Voltaje (V)	Corriente(A)	Potencia(W)	Tiempo(h)	Energía(Wh)
<b>Arduino Mega 2560</b>	5	0,04	0,2	24	4,8
<b>SHT10</b>	5,5	0,0006	0,0033	24	0,0792
<b>SEN0161</b>	5	0,01	0,05	24	1,2
<b>JSN-SR04T</b>	5,5	0,008	0,044	24	1,056
<b>NRF24L01</b>	3,6	0,115	0,414	24	9,936
				<b>TOTAL(Wh)</b>	17,0712
				<b>Eficiencia 60%</b>	28,452
				<b>W Requeridos</b>	56,904

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 2-2:** Comparación tipos de Paneles Solares

Descripción	Monocristalino	Policristalino
Alta exposición solar	No	Si
Vida útil	Larga	Menor
Altas temperatura	Rinde mas	Rinde menos
Costo	Alto	Bajo
Eficiencia	Alta	Menor

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 3-2:** Alternativas escala de Likert

Alternativas	Valor
Excelente	4
Muy Bueno	3
Bueno	2
Regular	1

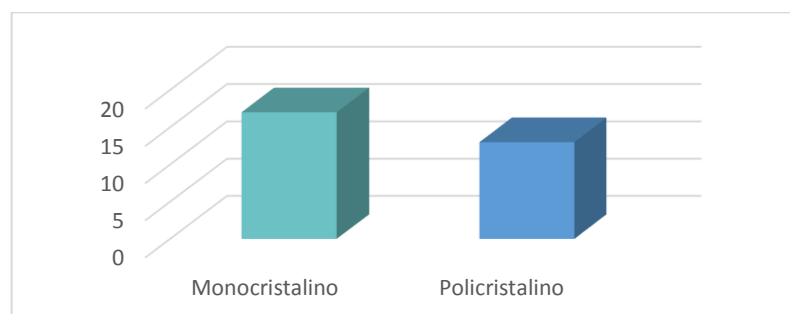
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la Tabla 3-2 se muestra las diferentes alternativas con su respectivo valor para realizar las comparaciones de Likert de los diferentes componentes del prototipo.

**Tabla 4-2:** Comparación Likert del Panel Solar

Pregunta/Panel Solar	Monocristalino	Policristalino
1	4	3
2	4	2
3	4	2
4	2	4
5	3	2
Total	17	13

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 1-2:** Escala de la comparación de Panel Solar según Likert

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Por lo mostrado en la Tabla 4-2 y el Gráfico 1-2, para la alimentación del prototipo se utilizará un panel solar de 60W Monocristalino debido al consumo de los sensores y la tarjeta de desarrollo los cuales son parte del nodo sensor, además este panel solar al ser monocristalino carga aun con



ausencia del sol, además incluye el controlador de carga evitando la adquisición externa del mismo por lo cual esto representa un gasto económico menor.



**Figura 1-2:** Panel Solar Monocristalino  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

- **Regulador de carga:** Este se encuentra situado entre el panel solar y la batería, para que controle el flujo de energía que se sitúa en medio de los dos antes mencionados, este controlador ya viene incluido con el panel solar, lo cual facilita la adquisición y el mejor acoplamiento de los dispositivos.



**Figura 2-2:** Regulador de Carga Solar  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

- **Batería:** Esta permitirá almacenar toda la energía que es generada por los paneles solares, para posteriormente alimentar a todos los dispositivos que se encuentran en el nodo sensor, su adquisición se basó en los voltajes que permite almacenar llegando hasta 12 V, a su vez es recargable, las especificaciones se muestran en la Figura 3-2 a continuación.



**Figura 3-2:** Batería Recargable  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 2.1.3 Tarjetas de desarrollo

Para el prototipo, la Tarjeta de Desarrollo Arduino cumple con las características necesarias para su desarrollo debido a los diferentes tipos de configuraciones para las diferentes comunicaciones. En la Tabla 5-2 se realiza una comparación de ciertos modelos de Arduino.

**Tabla 5-2:** Comparaciones entre tarjetas Arduino

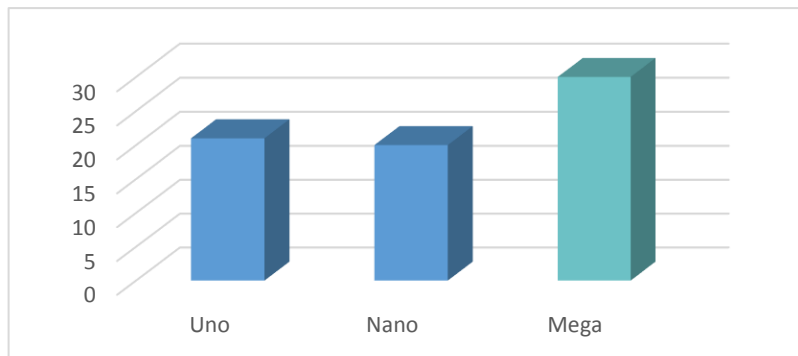
Descripción	Arduino UNO	Arduino Nano	Arduino MEGA 2560
<b>Voltaje</b>	5 V	5 V	5 V
<b>E / S digitales</b>	14	22	54
<b>Pines analógicos</b>	6	8	16
<b>Corriente DC por Pin de E / S</b>	20 mA	40 mA (pernos de E / S)	20 mA
<b>Corriente DC para 3.3V Pin</b>	50 mA	19 mA	50mA
<b>Memoria flash</b>	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0.5 KB utilizados por el cargador de arranque	32 KB de los cuales 2 KB utilizados por el gestor de arranque	256 KB de los cuales 8 KB utilizados por el gestor de arranque
<b>SRAM</b>	2 KB	2 KB	8 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB	1 KB	4 KB

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 6-2:** Comparación Likert de Arduino

Pregunta/Arduino	Uno	Nano	Mega
<b>1</b>	3	3	3
<b>2</b>	2	3	4
<b>3</b>	2	3	4
<b>4</b>	4	2	4
<b>5</b>	4	2	4
<b>6</b>	2	3	4
<b>7</b>	2	2	4
<b>8</b>	2	2	3
<b>Total</b>	21	20	30

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 2-2:** Escala de la comparación de Arduino según Likert  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

De acuerdo a la Tabla 6-2 y a la gráfica 2-2 da como resultado la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA 2560 como el más óptima para el trabajo de titulación, debido a que incorpora mayor Memoria Flash, SRAM, EEPROM lo cual nos permitirá una mayor velocidad en el procesamiento de los datos, además posee mayor cantidad de pines facilitando la conexión de varios dispositivos, en la Figura 4-2 se muestra la tarjeta Arduino MEGA 2560.



**Figura 4-2:** Arduino MEGA 2560  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### **2.1.4 Sensores para el prototipo de los eco-tachos**

El nodo sensor está compuesto por la tarjeta de desarrollo, tres sensores los cuales son pH, temperatura y humedad, ultrasónico y un módulo de comunicación NRF24L01 los cuales se detallan a continuación.

- **Sensor de sonda medidor de pH**

Para determinar el sensor de pH se tomó las siguientes especificaciones de acuerdo a los diferentes requerimientos que el sistema necesita:

**Tabla 7-2:** Comparaciones entre los sensores de pH

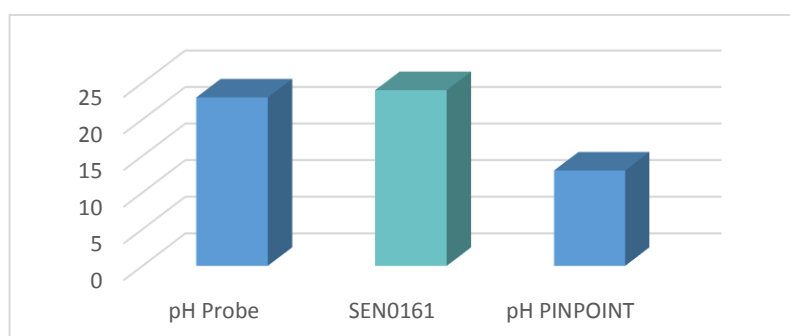
Especificaciones	pH Probe	SEN0161	pH PINPOINT
<b>Rango de pH</b>	0-14 pH	0-14 pH	0-14 pH
<b>Voltaje de alimentación</b>	5 V	5 V	5 V
<b>Corriente</b>	5-10 mA	5-10 mA	5-10 mA
<b>Temperatura de trabajo</b>	1 – 99 °C	10-60 °C	10-50 °C
<b>Tiempo de respuesta</b>	Hasta 1 min	≤ 1min	Hasta 1 min
<b>Precisión</b>	+/- 0.0001	± 0.1pH (25)	± 0.1pH
<b>Protección IP</b>	65	65	No posee
<b>Tamaño de la sonda</b>	12 mm x 150 mm	15mm x 144 mm	16 mm x 150 mm

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 8-2:** Comparación Likert Sensor de pH

Pregunta/pH	pH Probe	SEN0161	pH PINPOINT
<b>1</b>	4	4	3
<b>2</b>	3	3	2
<b>3</b>	3	3	1
<b>4</b>	4	3	2
<b>5</b>	1	3	2
<b>6</b>	3	2	1
<b>7</b>	2	4	1
<b>8</b>	3	2	1
<b>Total</b>	23	24	13

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 3-2:** Escala de comparación Sensor de pH según Likert

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Por medio de la Tabla 8-2 y del Gráfico 3-2 arrojó los resultados que el sensor de pH a seleccionar es el sen0161 primordialmente por su protección IP que es de 65, otro punto a favor es la velocidad con la que puede medir el nivel de pH, la temperatura alcanzada está relativamente bien para el prototipo ya que, hasta un 66 °C, el sensor por ende es más accesible de adquirirlo en el mercado siendo más comercial que los otros sensores comparados.



**Figura 5-2:** Sensor SEN0161 de pH

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

- **Sensor de Temperatura y Humedad**

Las siguientes Tablas 9-2 y 10-2 ayudarán a determinar las características más importantes del sensor para que el prototipo funcione de la mejor manera.

**Tabla 9-2:** Características de los sensores de Humedad

Características	AM2315	Si7021-A10	SHT10
Interface	I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> B
Precisión	±2 %	±3 %	±4.5%
Rango Operación	0-100%	0-100%	0-100%
Respuestas	<5s	18s	8s
Alimentación	3.5 - 5.5V(máx)	1.9 – 3.6 V	2.4 – 5.5 V
Compatibilidad	Raspberry Pi/Arduino	Raspberry Pi/Arduino	Raspberry Pi/Arduino
Protección IP	Sin Protección	IP67	IP67

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 10-2:** Características de los sensores de Temperatura

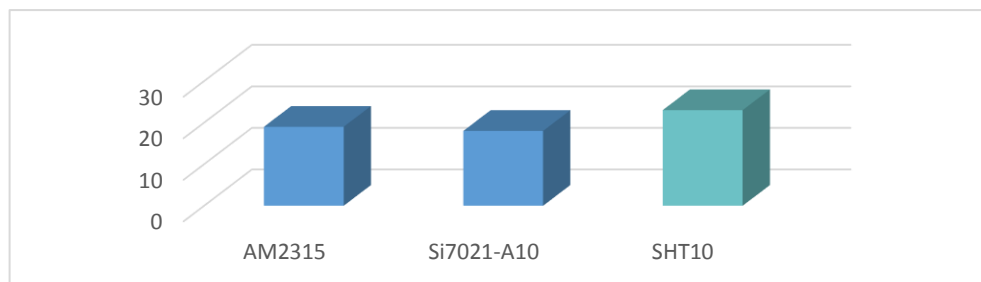
Características	AM2315	Si7021-A10	SHT10
Precisión	±1°C	±0.4°C	±0.5°C
Rango de Operación	-40 a 125°C	-10 a 125°C	-40 a 123°C
Respuestas	<5s	18s	8s
Alimentación	3.5 - 5.5V(máx)	1.9 – 3.6 V	2.4 – 5.5 V

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 11-2:** Comparación Likert Sensor de Humedad y Temperatura

Pregunta/Tempe- Hume	AM2315	Si7021-A10	SHT10
1	2	3	4
2	4	4	4
3	4	1	3
4	4	2	4
5	4	4	4
6	1	4	4
Total	19	18	23

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 4-2:** Escala de comparación Sensor de Temperatura y Humedad según Likert  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En este caso se opta por el sensor SHT10 según la Tabla 11-2 y el Gráfico 4-2, debido a que este sensor tiene mayor precisión en la medición de humedad y de temperatura, su tiempo de respuesta es menor, además su sonda es de acero inoxidable con protección IP67, y es de fácil de adquirirlo.



**Figura 6-2:** Sensor Temperatura Y Humedad  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

- **Sensor Ultrasónico**

En la Tabla 12-2 se puede describir las características más relevantes del sensor para que el prototipo pueda medir el nivel de llenado de la basura efectivamente.

**Tabla 12-2:** Características de los sensores ultrasónicos

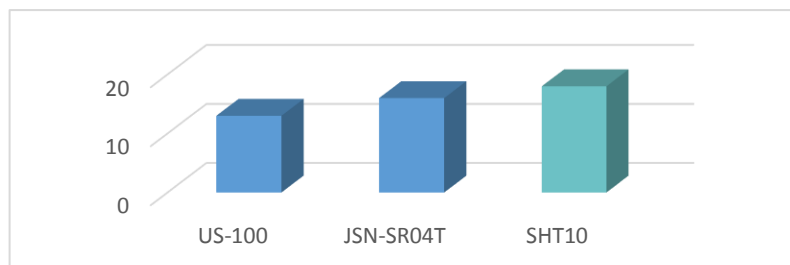
Características	US-100	HC-SR04	JSN-SR04T(IP68)
Voltaje de operación	2.4 – 5 V	2.4 – 5 V	5 V
Rango de medición	2 – 450 cm	2 – 450 cm	2 – 600 cm
Precisión	1 mm	3 mm	2mm
Frecuencia del pulso	40 KHz	40 KHz	40 KHz
Ángulo de medición	Menor de 15°	Menor de 15°	Menor de 50°

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 13-2:** Comparación Likert Sensor de Ultrasónico

Pregunta/Ultrasónico	US-100	JSN-SR04T	SHT10
1	4	4	3
2	3	3	4
3	1	3	2
4	3	3	3
5	1	2	3
6	1	1	3
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>18</b>

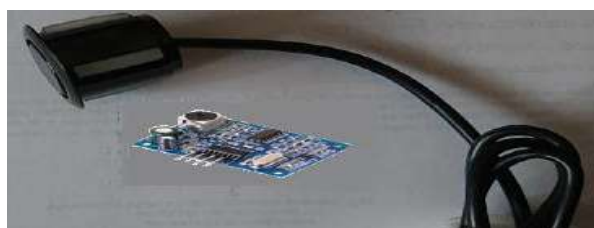
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 5-2:** Escala Sensor Ultrasónico según Likert

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Después de realizar la selección como se muestra en la Tabla 13-2 y la gráfica 5-2, se escoge el sensor JSN-SR04T ya que este tiene protección IP que es uno de los requerimientos más importantes para el prototipo, su rango de medición de 2 cm a 450cm apto para aplicarlo dentro del Eco-Tacho, debido a que los contenedores no tienen una altura superior a 2 m.



**Figura 7-2:** Sensor Ultrasónico JSN-SR04T

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2018

### 2.1.5 Análisis de las tecnologías inalámbricas

En la Tabla 14-2 se puede analizar y a la vez realizar una comparativa de las tecnologías inalámbricas que servirán para el desarrollo del trabajo de titulación.

**Tabla 14-2:** Análisis comparativo de las tecnologías inalámbricas.

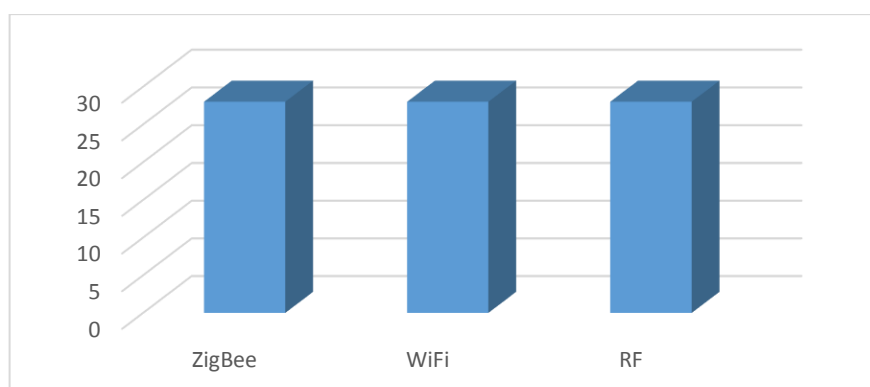
Características	ZigBee	WiFi	NRF
<b>Aplicaciones</b>	Monitorización y Control	Web, Video, e-mail	Datos
<b>Alcance</b>	10 – 100m	30 – 100m	1000m
<b>Ventajas</b>	Robustez, bajo consumo, precio	Capacidad, flexibilidad	bajo consumo
<b>Vida de Batería</b>	Años	Horas	Años
<b>Arquitectura de Red</b>	Estrella, Árbol, Malla	Estrella	Estrella, Malla
<b>Tasa de Transmisión</b>	20, 40 y 250 kbps	11 – 54 Mbps	30kHz - 300GHz
<b>Frecuencia</b>	868Mhz(Europa) 900 – 928 MHz (Norte América) 2.4 GHz (Otros)	2.4 y 5 GHz	2.4GHz – 2.525GHz 125 canales de 1MHz
<b>Consumo de energía</b>	Bajo	Alto	Bajo

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 15-2:** Comparación Likert Tecnologías inalámbricas

Pregunta/Inalámbrica	ZigBee	WiFi	RF
1	4	4	2
2	2	3	4
3	3	3	2
4	4	2	4
5	4	3	3
6	4	3	3
7	2	4	3
8	3	3	3
9	2	3	4
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 6-2:** Escala de comparación Tecnologías Inalámbricas según Likert

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

El resultado de la Tabla 15-2 y el Gráfico 6-2 arrojó que todas las tecnologías se podrían aplicar, por lo cual se vio necesario según las especificaciones del trabajo de titulación escoger la tecnología Wifi y RF, la primera para que pueda ser enviado los datos a la nube permitiendo trabajar en una banda accesible que es la de 2.4 GHz, siendo compatible con la tecnología RF que esta permitirá hacer la comunicación entre el nodo sensor y el nodo coordinador a una mayor distancia.

- **Módulo NRF**

Este permite la comunicación entre el nodo sensor y el nodo Gateway, este módulo consta de 8 pines para su conexión y trabaja mediante la comunicación SPI.



**Tabla 16-2:** Características de los módulos NRF

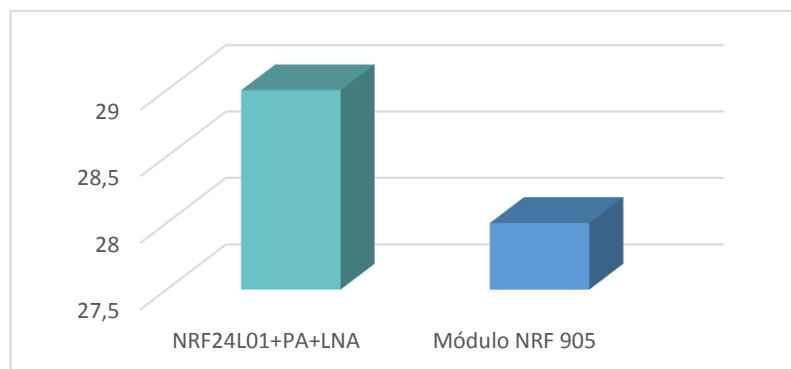
Características	Módulo NRF24L01+PA+LNA	Módulo NRF 905
Voltaje de operación	1.9 – 3.6 V	1.9 – 3.6 V
Amperaje	115 mA	9 mA
Tasa de transmisión	2 Mbps	50 Kbps
Canales de recepción que soporta	6	6
Rango de frecuencia	2.4 – 2.5 GHz	2.4 – 2.5 GHz
Temperatura de trabajo	-45 ~ + 70 °C	-45 ~ + 85 °C
Sensibilidad	-95dBm	-100dBm
Modulación	GMSK	GMSK
Distancia	1000m	300m
Adaptador Antena	Si	Si

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 17-2:** Comparación Likert Módulo NRF

Pregunta/RF	NRF24L01+PA+LNA	Módulo NRF 905
1	3	3
2	3	4
3	4	2
4	4	4
5	3	3
6	2	3
7	3	4
8	3	3
9	4	2
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>28</b>

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 7-2:** Escala Módulo NRF según Likert

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Luego de realizar la selección como se muestra en la Tabla 17-2 y el Gráfico 7-2 se escoge se el módulo NRF24L01 ya que este tiene una mayor capacidad de transmisión de datos, llegando hasta

1 Km, ya que cada Eco-Tacho tiene una distancia aproximada de 220 m de separación uno del otro, haciendo que la transferencia de datos no se pierda, a su vez es más accesible de conseguirle en el mercado logrando así optimizar los recursos.



**Figura 8-2:** Módulo NRF24L01

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

- **Módulo WiFi**

Mediante este módulo se podrán enviar los datos al internet para que se puedan almacenar en la base de datos y así visualizarlos en tiempo real.

**Tabla 18-2:** Características de los módulos WiFi

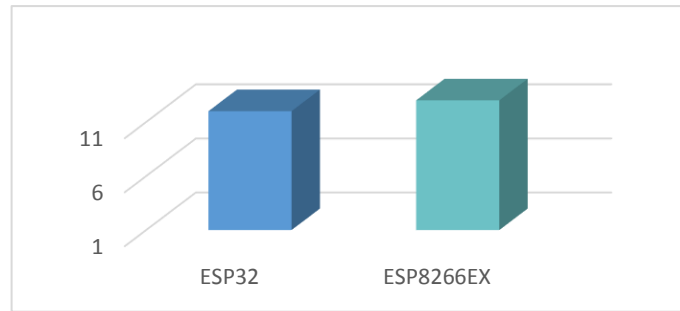
Características	ESP32	ESP8266EX
<b>Voltaje de operación</b>	2.3V ~ 3.6V	2.5V ~ 3.6V
<b>Corriente de operación</b>	1,200 mA	80 mA
<b>Temperatura de Operación</b>	-40°C ~ 150°C	-40°C ~ 125°C
<b>Tecnologías Inalámbricas</b>	WIFI y Bluetooth 802.11 n (2.4 GHz), up to 150 Mbps	WIFI Compatible con 802.11 b/g/n (2.4 GHz)

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

**Tabla 19-2:** Comparación Likert Módulo Wifi

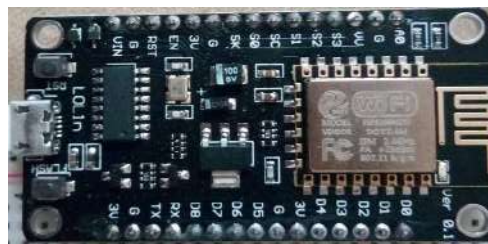
Pregunta/Wifi	ESP32	ESP8266EX
<b>1</b>	4	3
<b>2</b>	2	4
<b>3</b>	3	3
<b>4</b>	3	3
<b>Total</b>	12	13

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Gráfico 8-2:** Escala Módulo Wifi según Likert  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

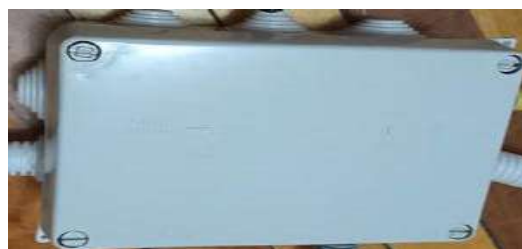
Para poder enviar la información generada por los sensores, la Tabla 19-2 y el Gráfico 8-2, arroja que el mejor módulo wifi para la comunicación hacia el internet es el ESP8266, ya que esta trabaja en la banda de los 2.4 GHz facilitando la comunicación, a su vez trabaja a altas temperaturas y su transmisión es muy buena adecuada para nuestro trabajo de titulación evitando desperdicio de recursos.



**Figura 9-2:** Módulo WiFi ESP8266  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### 2.1.6 Caja de Protección IP

- ✓ Caja de conexiones; a prueba de agua: IP65
- ✓ Cable Entradas Número: 10; Tipo Montado: montaje en superficie
- ✓ Material: ABS, hule; Peso neto: 160 g; Color principal: Blanco



**Figura 10-2:** Caja Protección IP  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Para la protección de la tarjeta Arduino, el módulo inalámbrico de comunicación y las conexiones con los sensores se ha considerado la utilización de una caja de Protección IP65, ya que es inmune

al polvo y chorros de agua, no se realizó una comparación puesto que para la elección se tomó en cuenta solamente los grados de protección como se muestra en la Tabla 3-1 del Capítulo I.

## **2.2 Diseño lógico del prototipo**

El diseño lógico conlleva toda la parte en la cual el usuario podrá visualizar los datos obtenidos de los sensores, a su vez se podrán guardar los mismos para llevar un registro ordenado; para ello se necesita un servidor web, una base de datos y la página web.

Se detallará el por qué se escogió dicho servidor web, dentro de estos se encuentran lo que es la base de datos permitiendo administrarlos y hacer uso de los datos registrados según la conveniencia de los usuarios.

### **2.2.1 Servidor Web**

Un servidor web se denomina como un ordenador u programa especializado que trabaja con Transferencia de Hiper Texto (HTTP), el cual permite dar respuesta a las peticiones de los usuarios; en estos se almacenan los archivos de diferentes páginas web, para que puedan ser enviados por Internet llegando al usuario final, en este caso viene a ser una computadora o dispositivos dedicados, que también vienen a aplicar como servidores web (Juan Manuel, 2010; Rouse Margaret, 2017).

- **Amazon web services (AWS)**

Este provee todo lo necesario para administrar y fabricar rápida y fácilmente un entorno de datos para análisis en tiempo real, AWS permite manejar la flexibilidad, el nivel, la velocidad solicitadas para ajustar diferentes tipos de datos proporcionados teniendo en cuenta la seguridad de los datos generados logrando tener una garantía para los usuarios finales; la mayor ventaja es que posee instancias EC2, que son pequeñas máquinas virtuales que son alquilas por horas para así poder ejecutar las diferentes aplicaciones (Amazon Web Services, 2018).

- **000Webhost**

Esta posee un alojamiento web gratuito, seguro y confiable, el cual contiene un panel de control personalizado, logrando que el trabajo de administrar las cuentas y el sitio sea mucho más sencillo, a su vez proporciona dominios gratuitos; esta permite monitorear y actualizar habitualmente consiguiendo tener las nuevas versiones de MySQL y PHP, su espacio en disco es bastante grande

y generoso por el mismo hecho de ser gratuito, así como el ancho de banda y ofrece alojar 2 sitios web (000Webhost, 2018).

- **Heroku**

Esta es una plataforma que se encuentra en la nube, permitiendo a los desarrolladores fabricar, otorgar, monitorear y escalar las diferentes aplicaciones. A su vez incluye Heroku Postgres la cual es la base de datos con el que contiene experiencia operativa, integrado, tiene la facilidad de ser escalable y una alta disponibilidad para los datos; también brinda los Dynos que son contenedores de aplicaciones que están pre configurados para los diferentes lenguajes o tecnologías (Heroku, 2018).

Para la elección del servidor web más adecuado para el trabajo de titulación, es necesario resaltar las características más notables de los mismos, tomando en cuenta la forma gratuita.

**Tabla 20-2:** Características de los servidores web

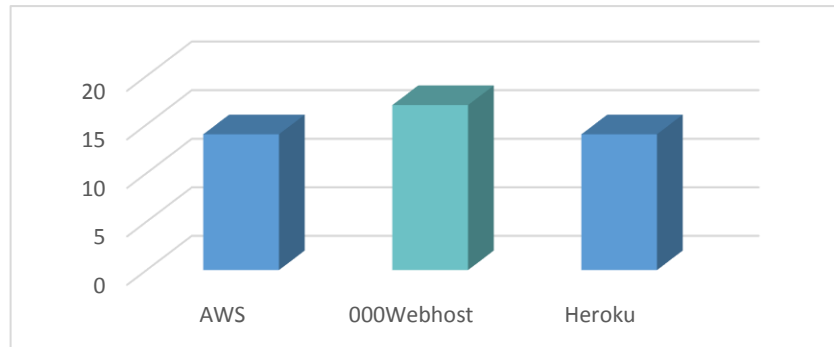
Característica	AWS	000Webhost	Heroku
<b>Gratuidad</b>	1 año	1 año	1 año
<b>Almacenamiento</b>	5 GB	1GB	512 MB
<b>Ancho de banda</b>	10 GB	10 GB	2TB/mes
<b>Dominio</b>	1 Dominio	Permite 5 Dominios y 5 Subdominios	1 Dominio de cada app
<b>Otras</b>	Creación y gestión de redes virtuales privadas en la nube	Permite la carga de 10 scripts	Almacena 1500 líneas de historial de registro

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2018

**Tabla 21-2:** Comparación Likert del Servidor Web

Pregunta/Servidor Web	AWS	000Webhost	Heroku
<b>1</b>	4	4	4
<b>2</b>	4	3	2
<b>3</b>	2	2	3
<b>4</b>	2	4	2
<b>5</b>	2	4	3
<b>Total</b>	14	17	14

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2018



**Gráfico 9-2:** Escala de comparación del Servidor Web según Likert  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2018

Por medio de la Tabla comparativa 21-2 y de el Gráfico 9-2 se seleccionó el servidor 000Webhost ya que este se interrelaciona con el desarrollador de manera fácil de entender, a su vez se la puede utilizar de forma gratuita por un año, dentro de esta se puede crear o subir todos los archivos de la base de datos y la página web.



**Figura 11-2:** Interface 000webhost  
**Fuente:**(000Webhost, 2018)

### 2.2.2 Base de datos

Se las denomina como conjuntos de ficheros interrelacionados los cuales almacenan diferentes datos de tal forma que se puedan acceder a ellos, logrando así crear, leer, actualizar y eliminar dichos; para la base que se utilizará, será estática ya que los datos obtenidos se podrán generar proyecciones y tomar decisiones; por otro lado, el modelo de la base de datos será el de Bases de datos relacionales debido a que este trabaja con el lenguaje para construir las consultas, siendo el Lenguaje estructurado de consultas (SQL), este modelo se basa en la construcción de tablas que son la relación y estas constan de filas que son los registros y columnas que son los campos teniendo en cuenta las claves primarias que tiene cada relación y la clave secundaria que permite relacionarlas entre sí (López Herrera, 2011).

- **MySQL**

Este es un gestor de base de datos de código abierto que garantiza confiabilidad, facilidad, robustez y un alto rendimiento para los desarrolladores, los creadores de MySQL fueron Oracle Corporation posesionándose en el mercado de la Web; a continuación, se detallara las características más importantes en lo que se basa el funcionamiento de MySQL(ORACLE, 2018):

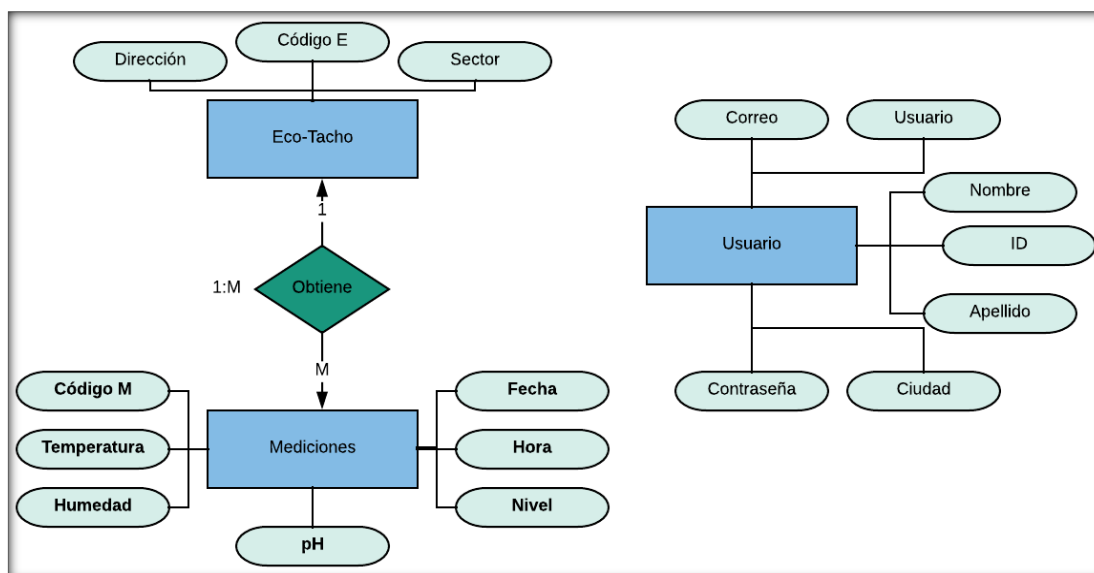
**Tabla 22-2:** Características de MySQL

Características	Descripción
<b>MySQL Workbench</b>	Define lo que son modelos relacionales, fabricar la base de datos y originar las sentencias SQL
<b>OpenSource</b>	Al momento de instalar no es necesaria una licencia
<b>Conexiones</b>	No posee límite de las conexiones simultáneamente
<b>APIs Disponibles</b>	C, C++, Tcl, Ruby, Eiffel, Python, PHP, Java y Perl
<b>Idioma</b>	Posee todos los idiomas, también el Latín
<b>Seguridad</b>	Al momento de conectarse al servidor, los datos son encriptados
<b>Conectividad</b>	Socket TCP/IP, socket Unix y named pipes

**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

#### 2.2.2.1 *Diseño de la base de datos*

Para poder visualizar de mejor manera el diseño de la base de datos, se ha visto la necesidad de utilizar el modelo entidad/relación, este permite visualizar de forma gráfica, permitiendo al usuario su fácil comprensión; para representar las entidades se utiliza el rectángulo, para las relaciones que existen entre las entidades se las representa por medio del rombo y los atributos se los visualiza por medio de un ovalo (López Herrera, 2011).



**Figura 12-2:** Diagrama Entidad/Relación de la Base de Datos

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la figura 12-2 se puede observar como las entidades Eco-Tacho y Mediciones tienen relación, a su vez cada una de ellas posee sus diferentes atributos, en el caso de Eco-Tachos tiene su dirección, código y el sector que se encuentra; para la entidad Mediciones posee atributos como el código, la temperatura, humedad, pH, Nivel la fecha y hora. La entidad de usuarios posee atributos de ID, nombre, apellido, contraseña, ciudad; esta entidad no tiene relación ya que este solo permitirá que un usuario se registre y obtenga datos según su conveniencia y lo establecido en la página web.

### 2.2.3 Página Web

Es un documento electrónico que integra un sitio web, está desarrollada habitualmente en lenguaje XHTML o HTML en la cual se puede tener diferentes elementos como texto, imágenes, audio incluso puede re direccionar a otras páginas web; esto necesita herramientas como editor de texto, de archivos gráficos, el software cliente de FTP, para enviar la página al servidor web; para la visualización de la misma es necesario poseer un Navegador o Browser.

A continuación, se detalla cual fue el programa en el cual se desarrolló la página web:

- **Notepad ++:** Es un editor de código fuente gratuito y de código libre para múltiples lenguajes de programación, está programado en C++ utilizando directamente el API, permitiendo que sea muy rápido y con un archivo de descarga pequeño, a continuación, se presenta las principales características del porque se seleccionó este editor:



**Tabla 23-2:** Características de Notepad++

<b>Detección automática del estado del documento</b>	Ayuda al momento de guardar un archivo que fue modificado por otro usuario o programa
<b>Coloreado de código</b>	En la programación se distingue diferentes colores que facilita el entendimiento y fácil manejo de comandos
<b>Idiomas</b>	Soporta varios idiomas, se escogió inglés
<b>Resaltado de paréntesis u sangría</b>	Esto indica cuando se abre y cierra un paréntesis, ayudando a ver cuándo falta uno o cuando está de más
<b>Multi- Vista</b>	Se puede tener más de una vista de un mismo código
<b>Autocompletado de código</b>	Esto facilita la programación el cual permite que sea rápido y optimizar el tiempo

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

## 2.3 Concepción general del prototipo

En la figura 13-2, se puede detallar la concepción general del sistema, el cual esta propuesta por los diferentes patrones: Nodo sensor (NS), el Nodo Gateway (NG) y el nodo de almacenamiento y monitoreo (NAM), los cuales van a estar conectados a través de la red inalámbrica formando una topología estrella permitiendo medir las características de los lixiviados dentro de los Eco-Tachos, así como mejorar la recolección de los desechos.



**Figura 13-2:** Concepción general del prototipo

Realizado Por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 2.3.1 Nodo sensor (NS)

Este nodo es el encargado de recolectar toda la información generada por los sensores de temperatura, humedad, de nivel y pH, este debe ser colocado en cada uno de los Eco-Tachos,

logrando enviar información al nodo Gateway. Para la alimentación de energía se realizará por medio de los paneles fotovoltaicos, logrando almacenar la energía generada en una batería, permitiendo mantener a este nodo en constante funcionamiento.

En la figura 14-2 se exhibe el diagrama de bloque del nodo sensor, así como también se muestra la forma en la que están interconectados los diferentes dispositivos. Existen bloques para cada sensor (nivel, temperatura, humedad y pH) los cuales generan las variables de entrada, esto es almacenado en el bloque principal ya que este contiene la tarjeta de desarrollo que permite procesar la información que generan los sensores, lo mismo que es transmitido por el módulo NRF24L01. El bloque de alimentación permitirá que el sistema tenga energía renovable fotovoltaica.



**Figura 14-2:** Diagrama de bloques del NS  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

### 2.3.2 *Nodo Gateway (NG)*

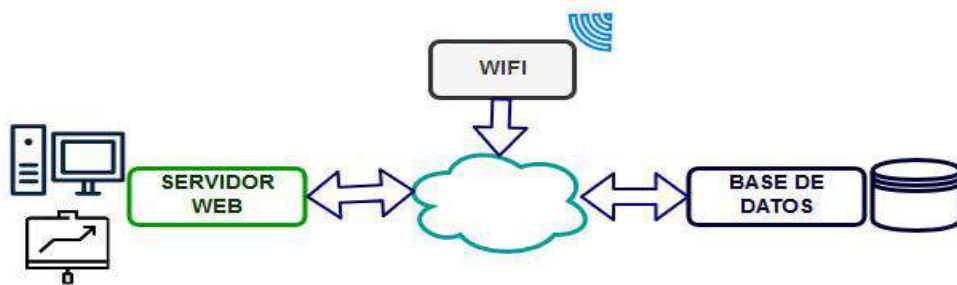
Este nodo estará ubicado en un lugar estratégico en el cual se tenga acceso a una red WiFi y a la red Eléctrica. En la Figura 15-2 se muestra el NG que está formado por un bloque de recepción que posee el módulo NRF24L01 que recepta la información que llega del NS, es seguido por el bloque de envío, este mantiene una comunicación inalámbrica con el módulo WiFi, siendo es el intermediario para que toda la información pueda ser subido al internet.



**Figura 15-2:** Diagrama de bloques del NG  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

### 2.3.3 Nodo de almacenamiento y monitoreo (NAM)

Por medio de este nodo se podrá visualizar los datos ya previamente enviados por el NS, logrado llevar un registro de temperatura y humedad que alcanzo dicho Eco-Tacho, los niveles de pH y permitirá dar avisos de cuando el Eco-Tacho este lleno.



**Figura 16-2** Diagrama de bloques del nodo almacenamiento y monitoreo  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana; 2018

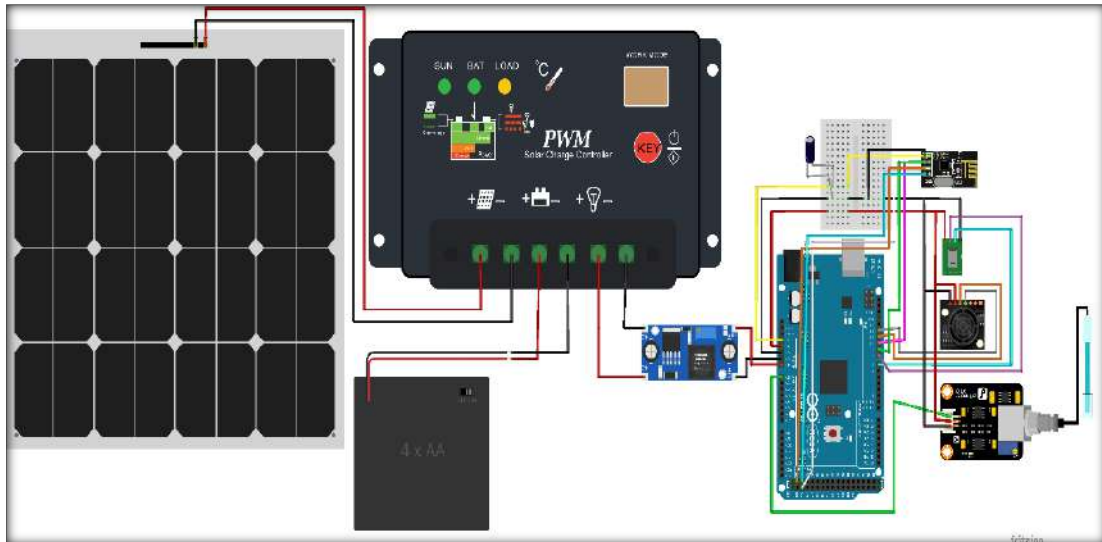
En la Figura 16-2 se muestra el diagrama de Bloques del NAM en el que se detalla su funcionamiento el bloque de comunicación inalámbrica representa los datos enviados por el NS al NAM a través de WiFi. En la Red se tendrá una base de datos para tener un constante registro de los acontecimientos que se den en cada contenedor, también tendremos un servidor web para visualizar la información en una página web. Dentro de la página se recibirán Alertas según sean establecidas posteriormente.

## 2.4 Esquema de Conexión

Una vez determinados los componentes a utilizar para la implementación del dispositivo se realizará un esquema de como estarán conectados cada dispositivo, logrando tener una visión más clara del prototipo a implementar.

### 2.4.1 Esquema de conexión del Nodo Sensor

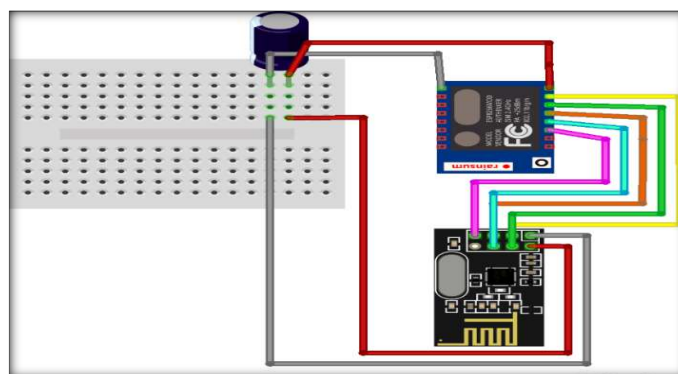
En la Figura 17-2 se muestra el esquema de cómo se conectarán los equipos adquiridos para su puesta en marcha y la posterior implementación del NS, el mismo que tiene como dispositivo central la tarjeta Arduino Mega 2560 a la cual están conectados los 3 sensores y el módulo inalámbrico NRF24L01. También se incluyó lo que es el panel solar y la batería, en medio de estos se encuentra el controlador.



**Figura 17-2:** Conexión del NS  
**Realizado Por:** MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

### 2.4.2 Esquema de conexión del Nodo Gateway

En la Figura 15-2 se muestra la conexión del módulo NRF24L01 el cual recibe los datos del mismo modulo desde el NS y lo envía al módulo ESP8266 para que este lo envíe al internet a través de WiFi. Se utiliza los capacitores para que los módulos NRF tengan un voltaje más estable mientras operan, a su vez evitan que los módulos NRF24L01 se puedan quemar fácilmente.



**Figura 18-2:** Conexión del NG  
**Realizado Por:** MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

## 2.5 Simulación

La simulación se realizó en Proteus Profesional 8 ya que es un entorno que permite visualizar todos dispositivos seleccionados y probar la forma más adecuada del funcionamiento de cada uno de ellos. Para esto se instaló las librerías de cada uno de los dispositivos antes mencionados y se procedió a la conexión y se cargó el código desarrollado en el software de Arduino.



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the PLX-DAQ v2.11 application window open. The Excel spreadsheet has columns labeled A through Q, with data for Time, Temperatura, Humedad, pH, and Nive(m). The PLX-DAQ window is open, displaying 'Control v. 2.11' and 'Settings'. The 'Control' tab shows 'Custom Checkbox 1' through 'Custom Checkbox 3' and 'Reset Timer'. The 'Settings' tab shows 'Part: 1', 'Read: 9600', and 'Clear Columns'. The 'Raw data logger' section shows a list of data points. The 'Controller Messages' section shows a message: 'Accepting data for Row 76'. The 'Data' section shows a list of data points.

**Figura 20-2:** Extracción de datos a Excel  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana. 2019



## 2.6 Diseño del prototipo en el contenedor

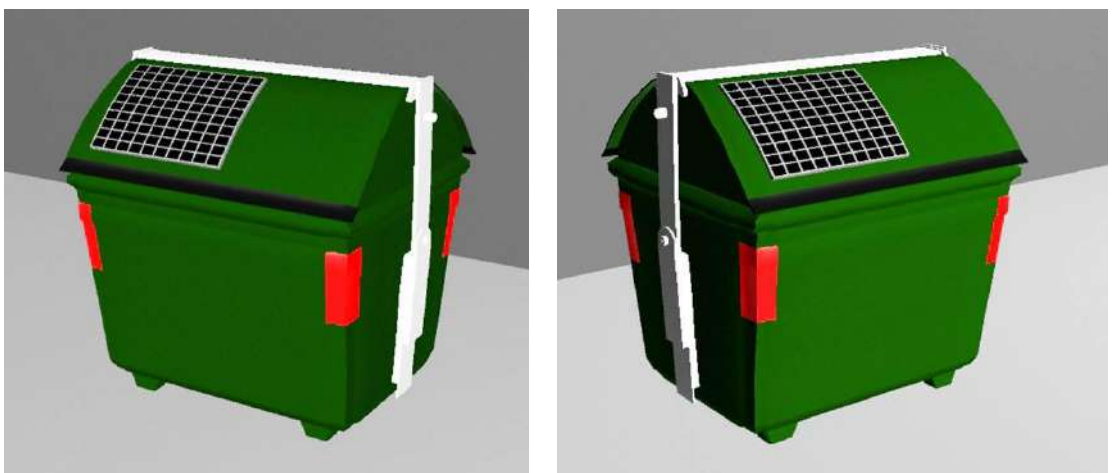
Una vez desarrollado el prototipo este será instalado en un contenedor de tal manera que no sea tan llamativo para las personas, por lo cual se ha desarrollado el modelado 3D del contenedor para encontrar el lugar idóneo y estratégico para la ubicación de cada dispositivo en su instalación.



**Figura 21-2:** Ubicación del prototipo

Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

En la Figura 21-2 se muestra la ubicación del prototipo el cual se encontrará dentro de una caja IP para evitar daños de los diferentes dispositivos, esta caja deberá ser colocada a un costado del Eco-Tacho, pero dentro del mismo, esta colocación no deberá interrumpir el manejo del carro recolector de basura para que los desechos puedan ser descargados sobre el mismo, los cables ya sean de los sensores como de la batería y el panel, deberán tener un recubrimiento adecuado para que no se rompan o los llegasen a cortar.



**Figura 22-2:** Ubicación Panel Solar

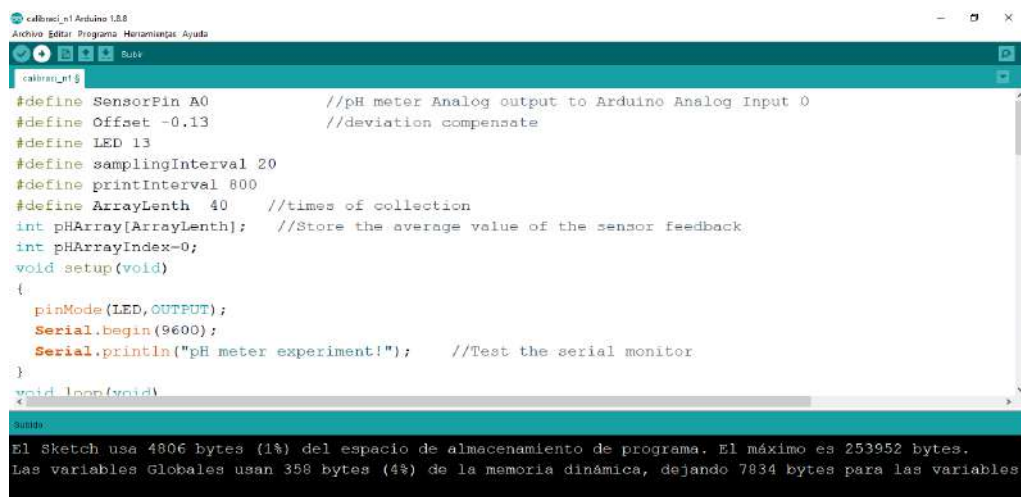
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

## 2.7 Calibración de los Sensores

### 2.7.1 Calibración del Sensor de pH SEN0161

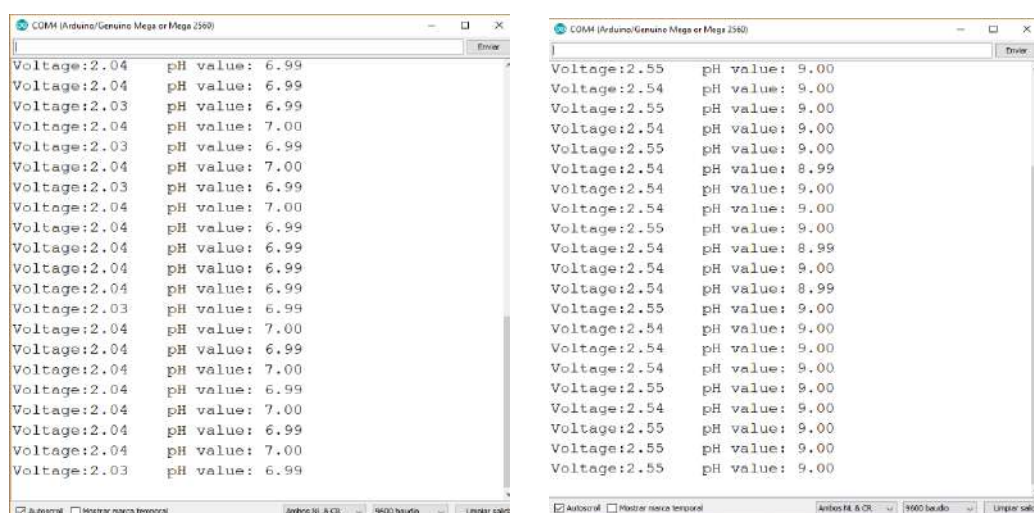
[illegible]

54



**Figura 25-2:** Compensación de la desviación

Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019



**Figura 26-2:** Valores medidos después de la calibración

Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

## 2.8 Implementación del Prototipo

Esta parte detalla los pasos, secuencias, estructuras que se siguieron, para lograr un correcto funcionamiento el prototipo, de acuerdo a todo lo investigado en el capítulo uno, viendo los requerimientos que el trabajo de titulación necesita, a su vez aplicar todos los diseños ya previamente realizados.

### 2.8.1 Implementación del NS

Para la implementación de este nodo, en primer lugar, se desarrolló el código en el IDE de Arduino. A continuación, se detallará varios de los comandos utilizados.



El módulo NRF24L01 tiene una comunicación SPI por lo cual fue necesario instalar las librerías RF24 para crear un objeto con dos argumentos que serán los pines CE y CSN respectivamente.

```
RF24 radio(9, 10);
```

Después creamos una matriz de bytes que representa la dirección con la cual se comunicaran los dos módulos. Esta dirección puede ser cualquier cadena de 5 letras y tiene que ser la misma en el receptor para saber con cual receptor nos comunicaremos ya que se pueden tener varias direcciones.

```
const byte address[6] = "00001";
```

Inicializamos el objeto antes creado con la dirección del receptor al que enviaremos los datos.

```
radio.openWritingPipe(address);
```

Para establecer al módulo como emisor utilizamos el siguiente comando

```
radio.stopListening();
```

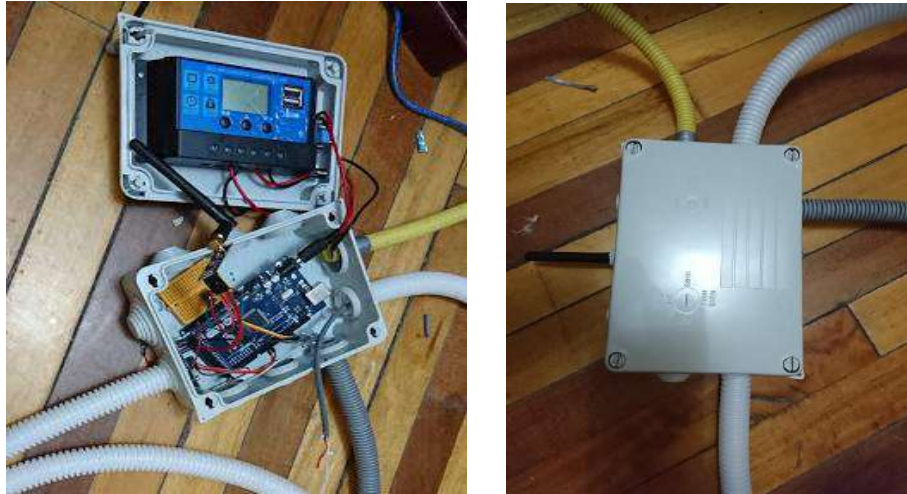
Definimos un vector de caracteres en el cual en cada posición se enviará cada medición de los sensores

```
data[0]=234;  
data[1]=temp_c;  
data[2]=humidity;  
data[3]=phValue;  
data[4]=distanceCM;
```

Finalmente, enviamos los datos al receptor como se ve en el Anexo I. El primer parámetro son los datos a enviar, el segundo establece cuantos bytes se desea tomar de la cadena de caracteres en este caso serán todos por lo cual el comando se define de la siguiente manera.

```
radio.write(data, sizeof data);
```

En la Figura 27-2 se muestra el NS implementado para el cual se utilizó la caja IP65 para colocar los dispositivos dentro del mismo, los sensores van conectados al Arduino MEGA 2560 y este a su vez a una fuente LM2596, esta última fue conectada al controlador de carga para que suministre 5V. El controlador está conectado al panel que genera energía fotovoltaica para carga la batería que permite el funcionamiento autónomo del prototipo.



**Figura 27-2: Implementación del NS**  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

### 2.8.2 Implementación del NG

Para la recepción de datos del NG y el envío a la base de datos se realizó lo siguiente:

Declaramos las variables que utilizaremos para conectarnos al WiFi

```
const char* ssid = "SALA FIE COOL 2.0";
const char* password = "lamismaclave";
const char* host = "sensortachoriob.000webhostapp.com";
```

Habilitamos la comunicación con el emisor utilizando la misma dirección definida anteriormente

```
radio.openReadingPipe(0, address);
```

Para establecer al módulo como receptor utilizamos el siguiente comando

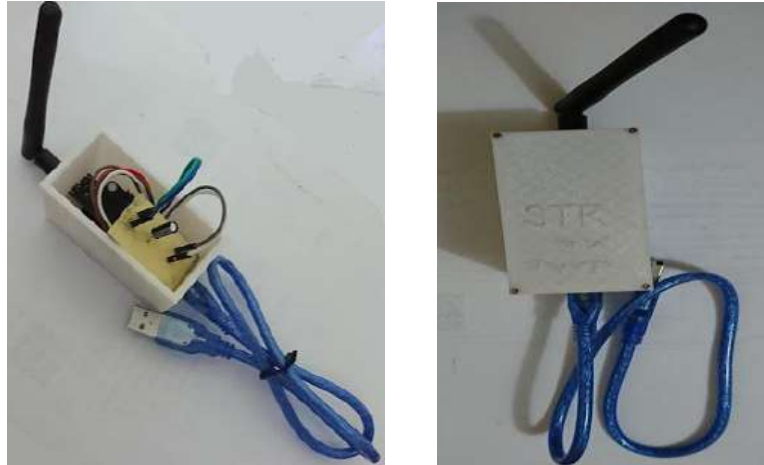
```
radio.startListening();
```

Verificamos si hay datos para recibir, si se cumple guardamos los datos en el vector de datos creado al inicio

```
float data[5], tempe, hume, ph, nivel;
if (radio.available()) {
    radio.read(data, sizeof(data));
    int codigo=data[0];
    float tempe=data[1];
    float hume=data[2];
    float ph=data[3];
    float nivel=data[4];
```

Por último, una vez que obtenemos los datos creamos la conexiones TCP, los requerimientos URL y se envían los datos como se muestra en el Anexo J.

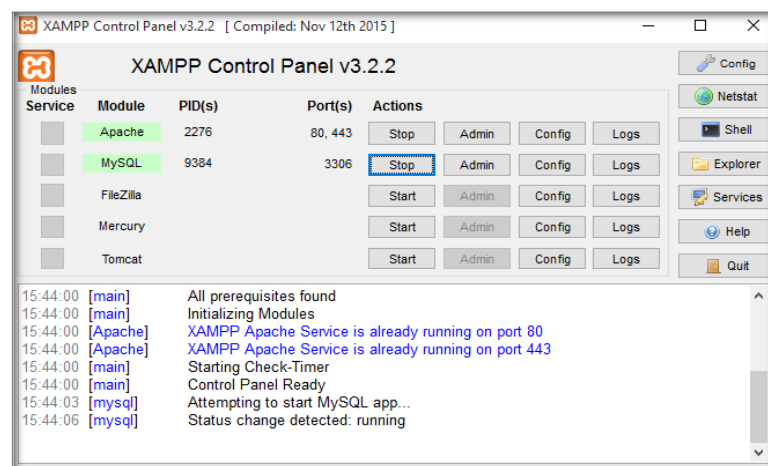
En la Figura 28-2 se muestra la implementación del NG.



**Figura 28-2:** Implantación del NG  
Realizado Por: MAYORGA Paúl; PANCHI Johana, 2019

### 2.8.3 Implementación del servidor

En la implementación del servidor se escogió primeramente el software XAMPP para trabajar de modo local, este ya tiene incluido el servidor Apache como se muestra en la Figura 29-2, el cual se lo puede descargar gratuitamente, el mismo permitió trabajar en la computadora permitiendo realizar las configuraciones necesarias para que al final poder subir la página web y la base de datos al servidor externo ubicado en la nube, en este caso el servidor 000Webhost visualizado en la Figura 30-2, previamente se creó una cuenta de usuario, se obtuvo el dominio; dentro de este ya se cargó todos los archivos necesarios para que el servidor pueda ya trabajar a través del internet.



**Figura 29-2:** Implantación del servidor Xampp  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Figura 30-2:** Implantación del servidor 000Webhost

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

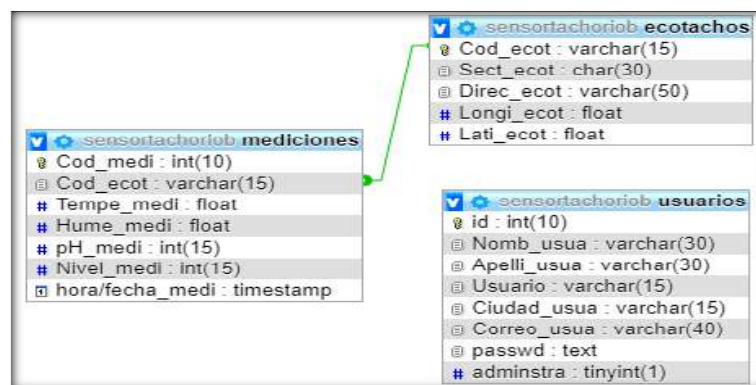
#### 2.8.4 Implementación de la base de datos

Como el software Xampp y 000Webhost poseen MySQL, se logró trabajar la implantación de la base de datos dentro de este, siendo denominado como “SensorTachoRiob”, la creación de la base puede ser de forma gráfica (figura 31-2), la cual es más accesible para cualquier usuario o de forma de código; para que la base tenga coherencia se trabajó con el modelo entidad relación. En la Figura 32-2 se visualiza que se crearon 3 tablas denominadas eco-tachos, mediciones y usuarios con sus diferentes atributos.



**Figura 31-2:** Creación de tres tablas en la base de datos

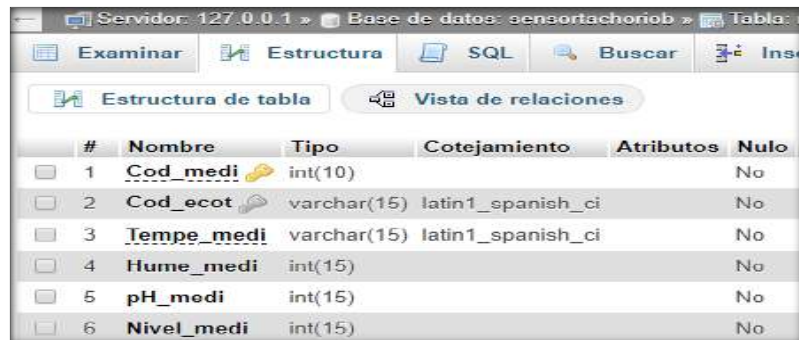
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Figura 32-2:** Creación de entidades/relación

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Dentro de cada tabla posee atributos previamente ya establecidos en el diseño, a su vez estos poseen campos en los que se especifica qué tipo de dato recibirá, la longitud máxima que se puede obtener (figura 33-2). Se estableció un atributo primario y único para cada tabla o entidad, para que las entidades se conectaran se estableció como clave foránea al código del Eco-Tacho entre la tabla de mediciones con la tabla de eco-tacho, como se puede visualizar en la Figura 32-2, la entidad de los usuarios solo se estableció sus atributos, esto permitirá registrar los datos de dicho usuario que este en la necesidad de consultar en la página.



#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo
1	<u>Cod_medi</u>	int(10)			No
2	Cod_ecot	varchar(15)	latin1_spanish_ci		No
3	<u>Tempe_medi</u>	varchar(15)	latin1_spanish_ci		No
4	Hume_medi	int(15)			No
5	pH_medi	int(15)			No
6	Nivel_medi	int(15)			No

**Figura 33-2:** Creación de los atributos de las entidades  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2019

### 2.8.5 Implementación de la página web

La página se la realizó en Notepad++, la misma que consta de varias páginas interrelacionadas entre sí, la portada viene a ser la página principal denominado Sensor Tacho-Riob, como se muestra en la Figura 34-2, dentro de esta posee un menú con 5 opciones que permitirá el registro de los usuarios, la visualización de los datos de forma general, poder tener una breve biografía de los fabricantes, una pequeña introducción de todo el prototipo y poder retornar al inicio como se muestra en el Anexo K a la necesidad requerida.



**Figura 34-2:** Página del prototipo Sensor Tacho-Riob  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



Una de la página relevante viene a ser la que se visualizan los datos de manera detallada, esto se logra cuando un usuario se registra e ingresa como un usuario, dentro de esta se puede visualizar un aviso (figura 35-2) al momento que cada Eco-Tacho sobrepase el nivel de llenado, a su vez si los desechos están generando ácidos, o si la temperatura sobrepasa los límites establecidos como se muestra en el Anexo L.



**Figura 35-2:** Página de visualización Alerta  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Para establecer los niveles de medición para la alerta fue necesario ver como cada sensor tiene su respectiva medición, lo cual se determinó que la Temperatura mide en grados centígrados, la Humedad en porcentaje, el nivel de llenado del Eco-Tacho en distancia y la sustancia de pH que se genera por los desechos que son colocados dentro del contenedor; para mejor entendimiento se realizó la Figura 36-2.



**Figura 36-2:** Niveles de medición de los sensores para la Alerta  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

La figura 36-2 a su vez indica que el nivel de lixiviados del sensor pH, trabaja desde 0 a 7 (ácido) y de 7 a 14 (básico), siendo el 7 (neutro); cuando la sustancia se encuentra entre el valor de 6,5 a 8,5 la Norma deja pasar, siendo no perjudicial de ninguna manera, cuando la sustancia baja de 6,5 comienza a corroer los metales, para lo cual el rango de menor a 4 es el más perjudicial; si la sustancia sobrepasa los 8,5 se genera carbonatos y bicarbonatos, produciendo desprendimientos gaseosos (malos olores).

Para los niveles de temperatura se estableció que si la temperatura dentro del Eco-Tacho está en 30° o mayor, el contenedor manda una alerta diciendo que la temperatura está en aumento; en el caso de la humedad, si sobrepasa el 50% de humedad se dirá que el contenedor puede generar mayor descomposición con mayor rapidez; y en el nivel de llenado se estableció que cuando la distancia marque 153 el Eco-tacho está vacío, con 95 se encuentra en la mitad y cuando está lleno se medirá a una distancia de 50.

A su vez dentro de esta página se puede seleccionar el código de cada Eco-Tacho para poder ver su última medición de forma gráfica, los datos del contenedor seleccionado, como también ver su ubicación en el mapa y por ultimo poder tener una lista de las últimas 5 mediciones que se realizó en el Eco-Tacho (figura 37-2), esto se describe en el Anexo M.



**Figura 37-2:** Página de visualización de datos ya como usuario registrado  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

## CAPITULO III

### 3. PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo permite dar a conocer todos los resultados generados y obtenidos de las diferentes pruebas elaboradas a los diferentes dispositivos que están compuestos en el prototipo denominado Sensor Tacho-Riob (STR) para los eco-tachos de la ciudad de Riobamba, todo esto se lo valida por medio de pruebas de funcionamiento, a su vez fue necesario ver la estabilidad que presenta el prototipo al momento de recolectar los datos para posteriormente ser enviados; para todas estas pruebas se escogió un eco-Tacho de la ciudad.

#### 3.1 Localización del eco-tacho para implementar el prototipo

Las especificaciones del lugar donde se encuentra el Eco-Tacho con el prototipo STR se puede ver en la tabla 1-3, permitiendo un fácil reconocimiento del lugar por medio del Google Earth presentado en la figura 1-3 a continuación.

**Tabla 1-3:** Localización del Eco-Tacho

<b>Provincia</b>	Chimborazo	
<b>Ciudad</b>	Riobamba	
<b>Sector</b>	Riobamba Norte	
<b>Referencia</b>	Escuela Superior Politécnica De Chimborazo- Campus Central Facultad Informática y Electrónica	
<b>Coordenadas</b>	1°39'29"S	78°40'35"O

**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Figura 1-3:** Localización del Eco-Tacho

**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



### 3.2 Funcionamiento y puesta en marcha del prototipo STR

Una vez determinado el punto de trabajo se procedió a la instalación del prototipo STR, en la Figura 2-3 se muestra cada componente del NS que contribuyen al funcionamiento del prototipo y que permiten su correcto funcionamiento, se colocaron todos los dispositivos dentro de la caja IP65 para que puedan ser protegidos, así mismo se le recubrió con una caja metálica inoxidable para evitar contratiempos y fallos; la batería se la protegió con dos cajas metálicas y se la colocó debajo de los dispositivos.

A su vez se necesitó colocar mangueras que recubran los cables de los tres sensores y los cables del panel y la batería, así mismo se les recubrió con canaletas inoxidables, logrando una protección más adecuada para que los cables no se rompan o sean cortados; para que la comunicación inalámbrica de los datos no se pierda fue necesario colocar la antena de transmisión en la parte de afuera del Eco-Tacho, realizando un orificio en el mismo



**Figura 2-3:** Colocación de los dispositivos en el Eco-Tacho

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Se culminó con la colocación del panel solar en la parte superior del Eco-Tacho, fue necesario elaborar una plancha adecuada para el aseguramiento del mismo como se muestra en la figura 3-3; el NG se lo colocó en la Facultad de Informática y Electrónica manteniendo siempre una comunicación entre los nodos.



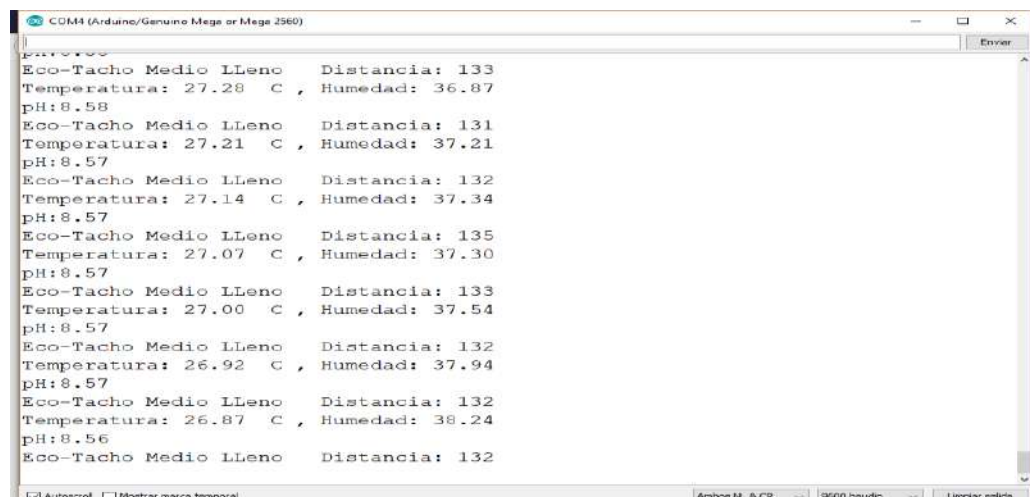
**Figura 3-3:** Culminación de la colocación del prototipo STR  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 3.3 Mediciones y Alerta en Tiempo Real

El prototipo es capaz de obtener algunos de los datos estipulados en la Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos como son Temperatura, Humedad y pH (Gestión Ambiental, no date). y enviarlos instantáneamente al NG para que este los envíe a la base de datos y sean visualizados en la página web.

#### 3.3.1 Mediciones

Para la prueba de mediciones fue necesario destapar la caja IP que se encuentra el NS y abrir el programa del Arduino en la computadora en el que se realizó las configuraciones para la comunicación inalámbrica, seguido del COM, para esto ya se seleccionó el puerto con el cual se va a trabajar en el NS, todo esto arrojó los datos que se transmiten, esto se lo hizo para poder visualizar y demostrar que los datos si están siendo enviados correctamente desde el NS al NG como se muestra en la figura 4-3.



**Figura 4-3:** Valores medidos del NS  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 3.3.2 Alerta en Tiempo Real

Para realizar la prueba de alertas fue necesario establecer los límites de medición de cada sensor, mostrados en el capítulo II en la figura 36-2; se procedió a introducir dentro del Eco-Tacho diferentes líquidos y desechos, esto variara dependiendo de la cantidad introducida, como se muestra en la figura 5-3. El NS transmite hasta hacia el NG todas las variaciones de las mediciones, el cual envía en tiempo real a la base de datos siendo almacenado todos los valores, cuando se ingresa a la página web como usuario se puede ver las alertas (figura 6-2).



**Figura 5-3:** Desechos y Líquidos para las Pruebas  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la página web y la figura 6-3 se puede observar como la alerta arroja los resultados de:

- El nivel de desechos está en 124 de distancia, por ende, el Eco-Tacho no llega ni a la mitad de llenado.
- El nivel de lixiviados está en 10,43, esto dice que los líquidos están en el rango del básico ya generando malos olores.
- La Temperatura se encuentra en 26.17°C diciendo que está próximo a contribuir en la descomposición apresurada de los desechos.
- La Humedad 36,56% el cual no influyo en la descomposición de desechos.

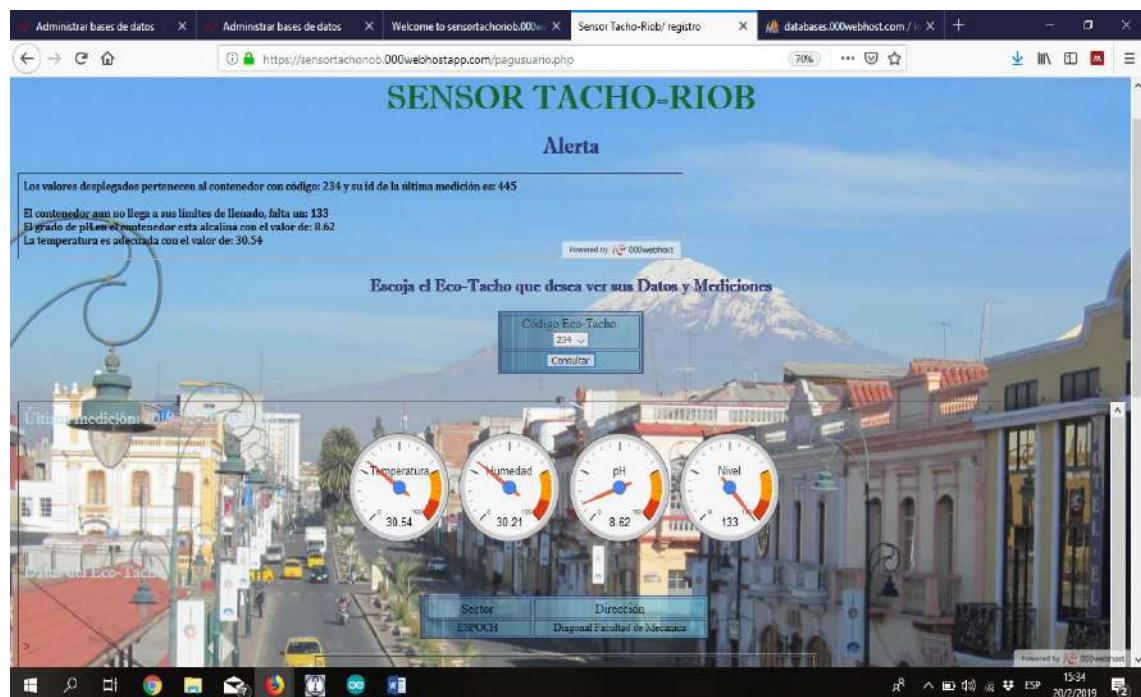


**Figura 6-3:** Prueba de Alerta en Tiempo Real  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la Figura 7-3 se muestra la conexión a Internet del NG y el envío de los datos recibidos por el NS. Podemos observar que los datos son enviados a las 15 horas 33 minutos con los siguientes valores: Código 234, Temperatura 30.54, Humedad 30.21, pH 8.62 y nivel 133, los mismos que son visualizados en la página web a las 15 horas 34 minutos con los mismos valores (Figura 8-3).



**Figura 7-3:** Datos recibidos del NS y enviados a la base de datos  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019



**Figura 8-3:** Datos actualizados en la Página web  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2019



### 3.4 Alcance de la comunicación entre los nodos para el prototipo

Esta prueba tiene como objetivo fijar la calidad de la señal y la distancia máxima de operación entre los nodos. En la tabla 2-3 permite ver las diferentes distancias de funcionamiento de envío de datos, para esto se tomaron 6 muestras, 2 en cada tramo, esto se realizó para tener una mayor efectividad en la prueba de distancia y saber que si estén llegando los datos; la prueba se realizó separando los módulos hasta que la señal no pudo ser receptada.

**Tabla 2-3:** Alcance de la comunicación

Primer Dato	Segundo Dato	Tiempo de Envío	Tiempo Promedio	Distancia (m)	Calidad de la Señal
20:41:49	20:42:55	0:01:06	0:01:06	0 - 170	Excelente
20:44:01	20:45:08	0:01:07			
20:45:08	20:46:15	0:01:07			
20:53:13	20:54:19	0:01:06			
20:59:11	21:00:17	0:01:06			
21:01:24	21:02:30	0:01:06	0:01:09	170 - 326	Buena
21:03:36	21:04:56	0:01:20			
21:05:49	21:07:10	0:01:21			
21:08:19	21:09:12	0:00:53			
21:10:18	21:11:24	0:01:06			
21:12:31	21:13:37	0:01:06	0:01:34	326 - 480	Regular
21:14:43	21:15:50	0:01:07			
21:16:59	21:19:10	0:02:11			
15:48:35	15:49:41	0:01:06			
15:51:54	15:53:00	0:01:06			
16:33:26	16:35:29	0:02:03	0:01:34	326 - 480	Regular
16:36:31	16:37:57	0:01:26			
16:45:28	16:47:01	0:01:33			
----	----	----	----	> 480	No Operacional

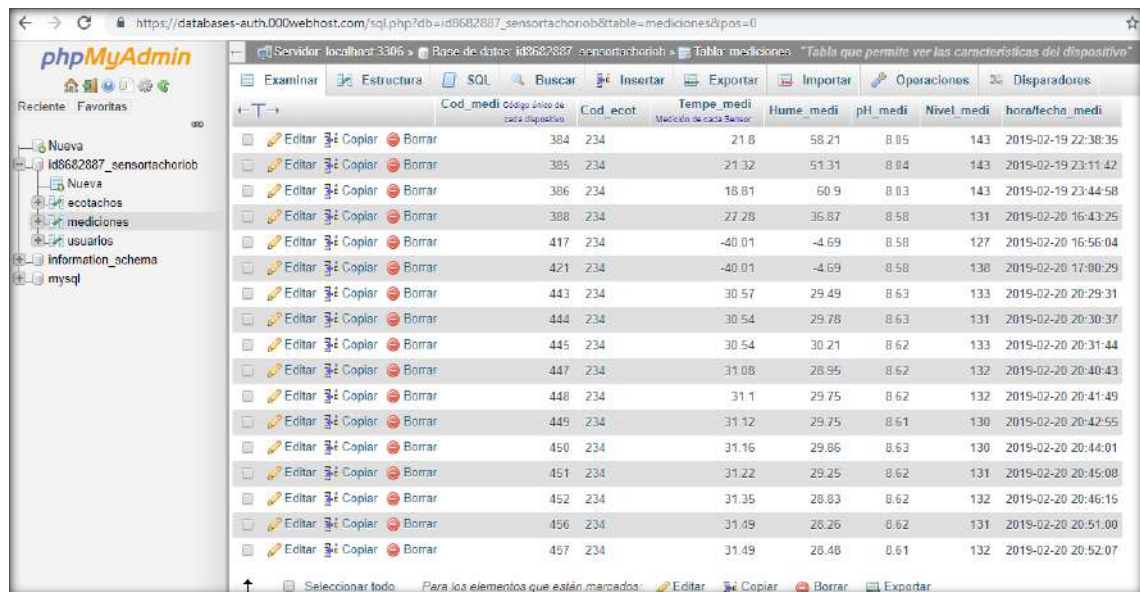
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

De acuerdo a los valores obtenidos entre los NS y NG, se puede decir que la comunicación RF posee una distancia máxima de 480 m con línea de vista, en este tramo aun el sistema se comunica de forma aceptable.

### 3.5 Prueba de Almacenamiento de Datos

Esta prueba permite visualizar que toda la información generada por los sensores y transmitida de forma inalámbrica por el módulo NRF24L01, enviando al internet por medio del módulo

ESP8266 la misma que es almacenada en la base de datos MySQL (figura 9-3) ubicado en el servidor Web 000Webhost.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a MySQL database. The table 'mediciones' is selected, and its structure is displayed. The table has 10 columns: 'Cod\_medi' (Código único de cada dispositivo), 'Cod\_ecot' (Medición de cada Sensor), 'Tempe\_medi' (Hume\_medi), 'pH\_medi', 'Nivel\_medi', and 'hora/fecha\_medi'. The data is as follows:

Cod_medi	Cod_ecot	Tempe_medi	Hume_medi	pH_medi	Nivel_medi	hora/fecha_medi
384	234	21.8	58.21	8.05	143	2019-02-19 22:38:35
385	234	21.32	51.31	8.04	143	2019-02-19 23:11:42
386	234	18.81	60.9	8.03	143	2019-02-19 23:44:58
388	234	27.28	36.87	8.58	131	2019-02-20 16:43:25
417	234	-40.01	-4.69	8.58	127	2019-02-20 16:56:04
421	234	-40.01	-4.69	8.58	138	2019-02-20 17:00:29
443	234	30.57	29.49	8.63	133	2019-02-20 20:29:31
444	234	30.54	29.78	8.63	131	2019-02-20 20:30:37
445	234	30.54	30.21	8.62	133	2019-02-20 20:31:44
447	234	31.08	28.95	8.62	132	2019-02-20 20:40:43
448	234	31.1	29.75	8.62	132	2019-02-20 20:41:49
449	234	31.12	29.75	8.61	130	2019-02-20 20:42:55
450	234	31.16	29.86	8.63	130	2019-02-20 20:44:01
451	234	31.22	29.25	8.62	131	2019-02-20 20:45:08
452	234	31.35	28.83	8.62	132	2019-02-20 20:46:15
456	234	31.49	28.26	8.62	131	2019-02-20 20:51:00
457	234	31.49	28.48	8.61	132	2019-02-20 20:52:07

**Figura 9-3:** Prueba de Almacenamiento de Datos

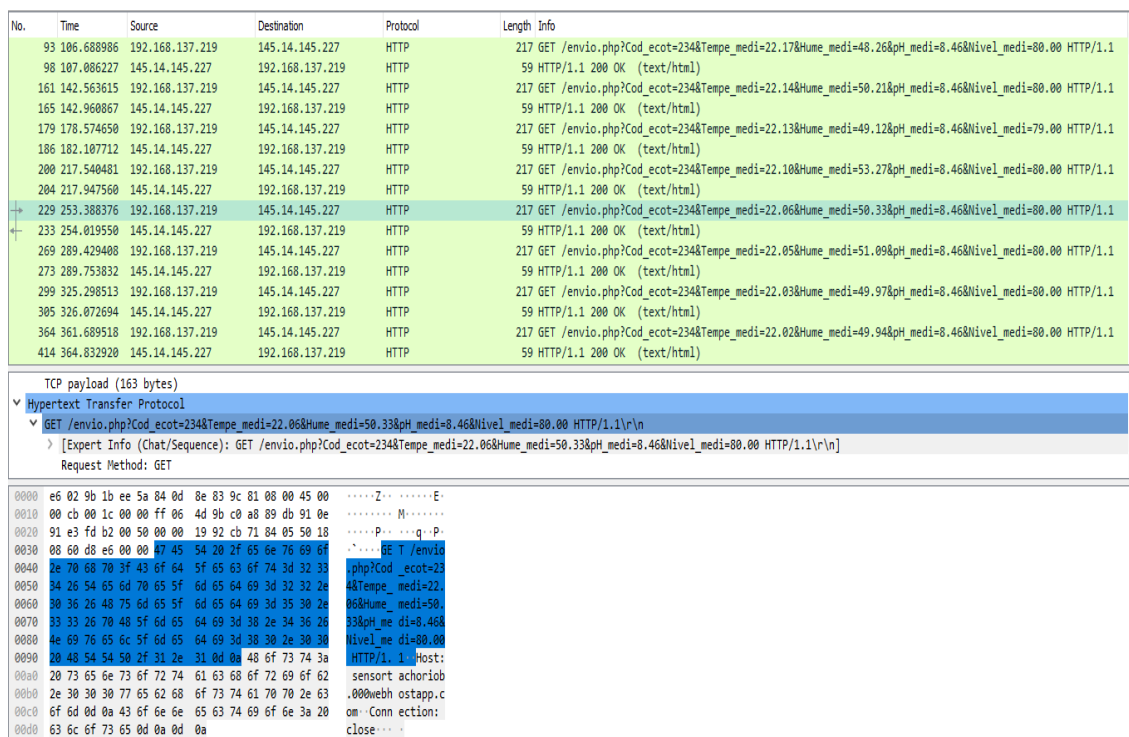
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Se puede observar que los datos si están siendo guardados correctamente en la base de datos, esto posteriormente en el futuro servirá para estudios y análisis, logrando que el prototipo STR sirva para varios fines.

### 3.6 Capacidad del sistema de recolección de datos

Es este punto se detalla la cantidad de bytes enviados por cada comunicación establecida entre el NG y la base de datos para determinar la autonomía de almacenamiento de datos que necesita el prototipo STR en un determinado tiempo; para ello fue necesario crear una red inalámbrica única para el prototipo, esto se lo realizó a fin de poder observar el tráfico que genera la comunicación.

Cuando el NG se conectó a la red creada, se le asigno por DHCP la dirección 192.168.137.219, esto permitió poder filtrar los paquetes de dicha IP con el software Wireshark como se muestra en la Figura 10-3; también se filtró solo el tráfico del protocolo HTTP ya que este permite la transferencia de información hacia el internet y por ende permitió comunicarse a la base de datos. Wireshark incluso permitió ver la trama generada en la comunicación y el número de bytes enviados.



**Figura 10-3:** Captura de paquetes en Wireshark  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Con las muestras tomadas en Wireshark se determinó que el tamaño de los paquetes enviados hacia la base de datos esta entre 218 y 217 Bytes, para determinar el tamaño de la muestra se tomó una muestra piloto de 50 datos, dando como resultado la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Calculo tamaño de la muestra de la capacidad

Cálculos	Bytes c/5min
Media	217,86
Varianza	0,1204
Desviación	0,346987031
Tamaño de la muestra	185,011456

**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Con el tamaño de la muestra calculada en la Tabla 3-3, se tomó 185 valores mostrados en Wireshark cada 5 minutos con los cuales se obtuvo un promedio 217,82 bytes enviados en 15,5 horas; se estimó que para un año el prototipo STR habrá enviado un total de 0,1158 MB (Tabla 4-3). El servidor 000Webhost provee un espacio de almacenamiento en disco de 1000 MB, por lo cual el prototipo STR ocupará un 0,0115888% en un año del total disponible, sin contar los archivos necesarios para el desarrollo de la página web, los cuales suman un total de 0,046875 MB fijos.

**Tabla 4-3:** Estimación de envío de datos

Cálculos	
<b>Media</b>	218
<b>Día</b>	337,548387
<b>Mes</b>	10126,4516
<b>Año</b>	121517,419
<b>KB</b>	118,669355
<b>MB</b>	0,11588804

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

### 3.7 Caracterización Estadística de las variables

Esta prueba consiste en describir los fenómenos que ocurren dentro del contenedor, en diferentes días y horas, siendo medidos por el prototipo STR.

Para lo cual se tomó una muestra piloto de 50 datos cada 5 minutos entre las 00h00 y las 05h00 cuando el eco-tacho está vacío, para determinar el tamaño de la muestra cómo se realizó en la Tabla 5-3, se calculó la media que es utilizada para distribuciones normales según (Orman Eugene, 2019) ya que el prototipo STR envía constantemente valores a la base de datos se tiene una población infinita y de acuerdo al teorema del límite central es aproximadamente normal (Minitab, 2019). La muestra mínima obtenida para la temperatura es de 43, humedad 146, pH 1 y nivel 87.

**Tabla 5-3:** Calculo del tamaño de la muestra de la caracterización estadística

Cálculos	Temperatura	Humedad	pH	Nivel
<b>Media</b>	13,7906	79,6754	8,9412	146,06
<b>Varianza</b>	0,02794164	0,09460084	0,00012656	0,0564
<b>Desviación típica</b>	0,16715753	0,3075725	0,011249889	0,2374868
<b>Tamaño de la muestra</b>	<b>42,93624169</b>	<b>145,367435</b>	<b>0,194477158</b>	<b>86,666496</b>

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Para la caracterización de las variables se tomó el mayor tamaño de muestra, es decir, 146. Se tomó 3 escenarios para el primero los datos fueron medidos el fin de semana desde las 00h00 a las 12h00.

**Tabla 6-3:** Caracterización de las variables escenario 1

	Temperatura	Humedad	pH	Nivel
<b>Media</b>	15,55650685	71,5357534	8,85150685	83,1986301
<b>Varianza</b>	1,329054236	14,3696011	0,00041691	3,65232689



<b>Desviación</b>	1,152846146	3,79072568	0,02041831	1,9111062
-------------------	-------------	------------	------------	-----------

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

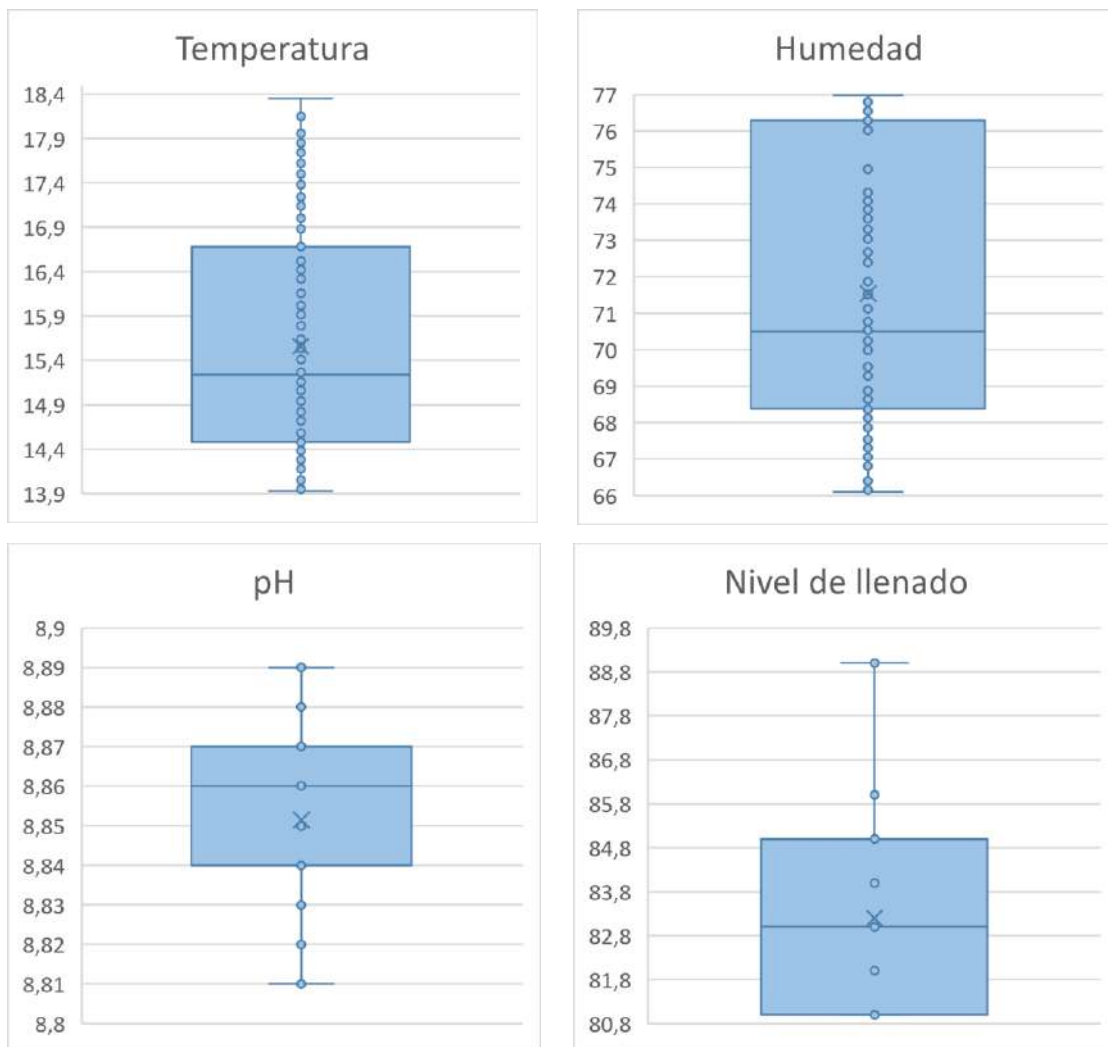
En la Tabla 6-3 con respecto a las variables en estudio, se puede observar que la temperatura ambiente dentro del contenedor esta alrededor de 15,56 °C según el resultado obtenido de la media, la variación de la temperatura es pequeña, es decir, los datos están poco dispersos con una variabilidad máxima de 1,15 con respecto a 15,56 °C, por lo tanto, existe una estabilidad de la temperatura dentro del contenedor.

Con respecto a la humedad los datos se encuentran en torno a 71,54 % de humedad dentro del contenedor, con una variación alta de 14,37, esto refleja que los datos están aún más dispersos con respecto a la temperatura con una variabilidad máxima de 3,79 respecto a 71,54%, de tal modo que la humedad presenta menos estabilidad debido a los líquidos arrojados en el contenedor.

Los datos de pH se encuentran alrededor de 8,85 de sustancias liquidas dentro del contenedor, de acuerdo con los resultados obtenidos se presenta una mínima variación de 0,0004, por consiguiente, las mediciones no están dispersas presentando una variabilidad de 0,02 respecto a 8,85, esto indica que no se generaron lixiviados por descomposición de materia orgánica.

El nivel de la basura en el contenedor se mantuvo alrededor de 83,19 de llenado conforme a los valores obtenidos de la media, arrojando una variación de 3,65, por ende, los datos están poco dispersos con una variabilidad máxima de 1,91. Todos estos datos fueron tomados el fin de semana en un horario de 00h00 a 12h00

Como se puede ratificar en los boxplot (Gráfico 1-3) de cada una de las variables en estudio. Para esto se tomó la muestra de 146 datos de cada variable medida. La concentración de datos de la temperatura esta alrededor de 16,5 a 14,5 °C; con respecto a la humedad la mayoría de los datos oscilan de 68 a 76 %; la medida del pH de los lixiviados la mayor parte se encuentran entre 8,84 a 8,87; los niveles de llenado del contenedor se encuentran alrededor de 81 a 85 del total de la capacidad del contenedor.



**Gráfico 1-3: Boxplot Escenario 1**  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Para el segundo escenario los datos fueron medidos entre semana en un horario de 02h00 a 14h00 al igual que en la tabla anterior se calculó la media, varianza y desviación típica como se muestra a continuación:

**Tabla 7-3: Caracterización de las variables escenario 2**

	Temperatura	Humedad	pH	Nivel
<b>Media</b>	19,90369863	59,3619178	9,41212329	128,410959
<b>Varianza</b>	37,10452194	424,243298	0,86380303	312,337962
<b>Desviación</b>	6,091348121	20,5971672	0,92941004	17,6730858

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

En la Tabla 7-3 con respecto a las variables en estudio, se visualizó que la temperatura ambiente dentro del contenedor esta alrededor de 19,90 °C según el resultado obtenido de la media, la variación de la temperatura es mayor, es decir, los datos están dispersos con una variabilidad

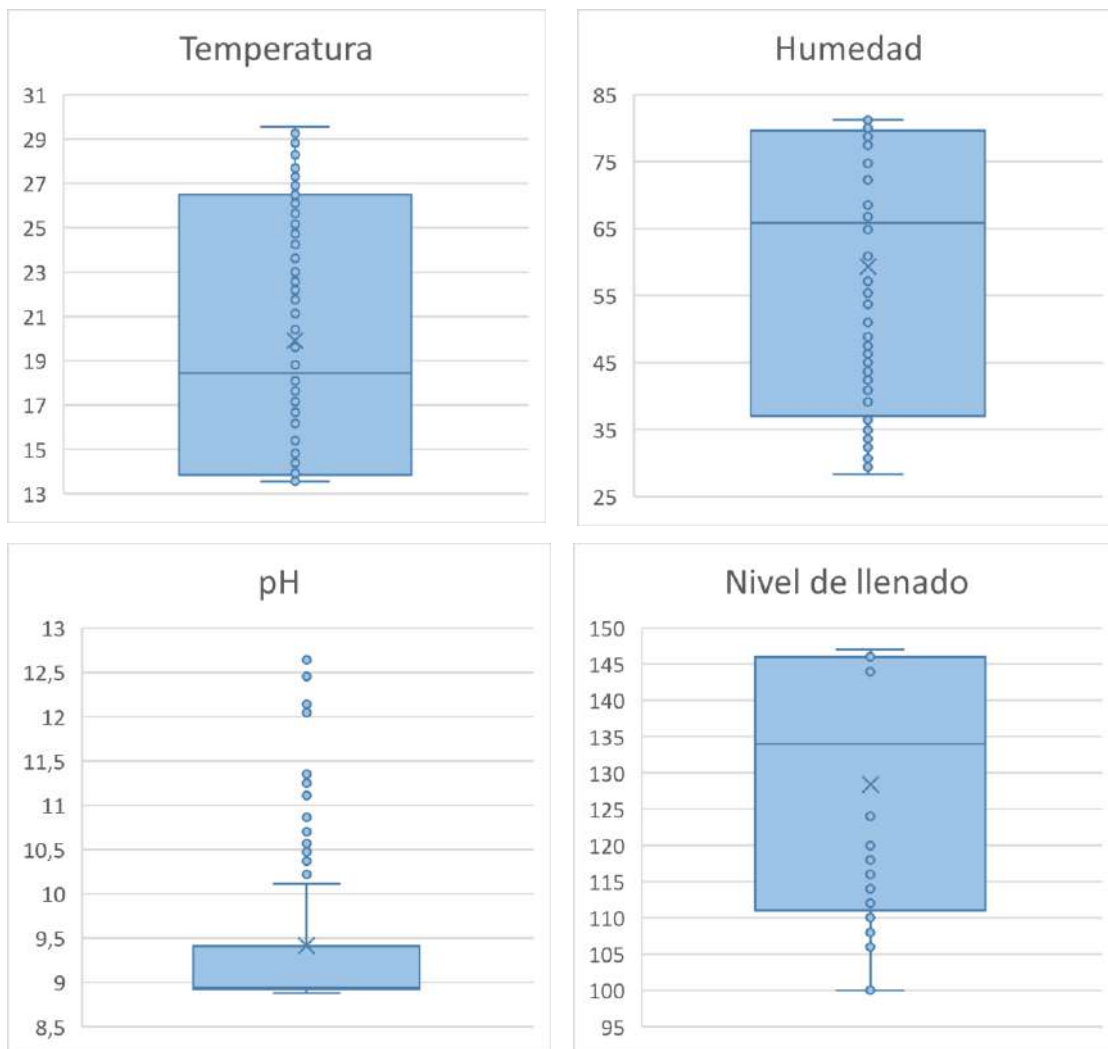
máxima de 6,09 con respecto a 19,90 °C, por lo tanto, la temperatura dentro del contenedor se ha visto afectada por los cambios de la temperatura ambiente.

Con respecto a la humedad los datos se encuentran en torno a 59,36 % de humedad dentro del contenedor, con una variación alta de 424,24, esto refleja que los datos están altamente dispersos con respecto a la temperatura con una variabilidad máxima de 20,59 respecto a 59,36%, de tal modo que la humedad presenta poca estabilidad debido a los líquidos arrojados en el contenedor y los cambios bruscos de la temperatura ambiental.

Los datos de pH se encuentran alrededor de 9,41 de sustancias líquidas dentro del contenedor, de acuerdo con los resultados obtenidos se presenta una mínima variación de 0,86, por consiguiente, las mediciones están poco dispersas presentando una variabilidad de 0,92 respecto a 9,41, esto indica que se generaron niveles bajos lixiviados por descomposición de materia orgánica.

El nivel de la basura en el contenedor se mantuvo alrededor de 128,41 de llenado conforme a los valores obtenidos de la media, arrojando una variación de 312,34, por ende, los datos están muy dispersos con una variabilidad máxima de 17,67, debido a que durante el tiempo de medición es frecuente el depósito de desechos en el contenedor. Todos estos datos fueron tomados entre semana en un horario de 02h00 a 14h00.

Como se puede ratificar en los boxplot (Gráfico 2-3) de cada una de las variables en estudio. Para esto se tomó la muestra de 146 datos de cada variable medida. La concentración de datos de la temperatura esta alrededor de 14 a 26 °C; con respecto a la humedad la mayoría de los datos oscilan de 36 a 78 %; la medida del pH de los lixiviados la mayor parte se encuentran datos atípicos entre 10 a 12,7; los niveles de llenado del contenedor se encuentran alrededor de 111 a 145 del total de la capacidad del contenedor.



**Gráfico 2-3:** Boxplot Escenario 2  
Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

Para el tercer escenario los datos fueron medidos entre semana en un horario de 14h00 a 02h00 añadiendo dentro del contenedor materia orgánica en descomposición, al igual que en la tabla anterior se calculó la media, varianza y desviación típica como se muestra a continuación:

**Tabla 8-3:** Caracterización de las variables escenario 3

	Temperatura	Humedad	pH	Nivel
<b>Media</b>	22,6743836	59,8065068	10,1326027	128,493151
<b>Varianza</b>	14,5535904	279,985679	1,03552473	578,537624
<b>Desviación</b>	3,81491682	16,7327726	1,01760736	24,0528091

Realizado por: MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana; Riobamba, 2019

En la Tabla 8-3 con respecto a las variables en estudio, se visualizó que la temperatura ambiente dentro del contenedor esta alrededor de 22,67 °C según el resultado obtenido de la media, la variación de la temperatura es menor que los datos obtenidos por la mañana, es decir, los datos

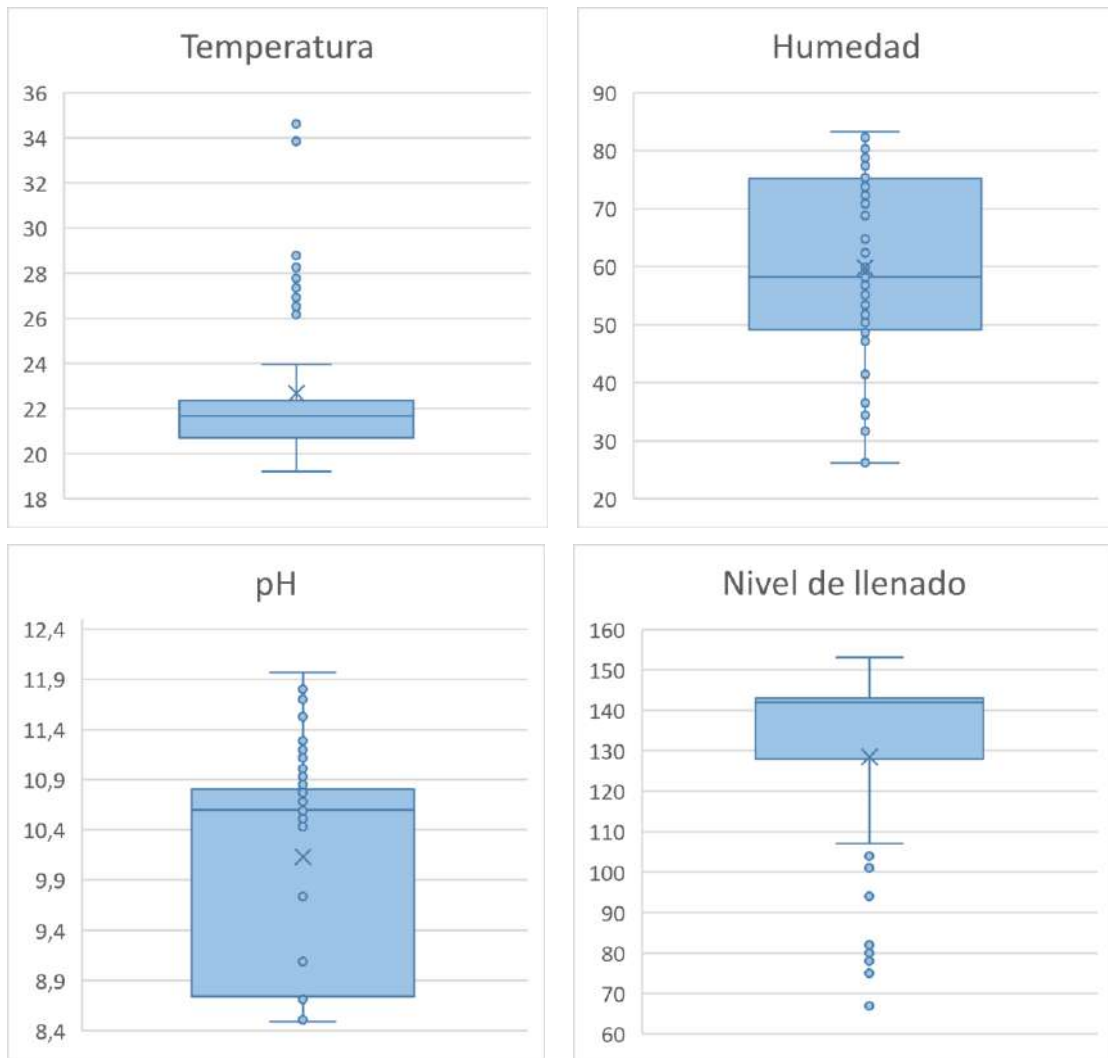
están dispersos con una variabilidad máxima de 3,81 con respecto a 22,67 °C, por lo tanto, la temperatura dentro del contenedor se ha visto afectada en menor escala por los cambios de la temperatura ambiente.

Con respecto a la humedad los datos se encuentran en torno a 59,80 % de humedad dentro del contenedor, con una variación alta de 279,99, esto refleja que los datos están muy dispersos con respecto a la temperatura con una variabilidad máxima de 16,73 respecto a 59,80%, de tal modo que la humedad presenta poca estabilidad debido a los líquidos arrojados en el contenedor y la baja temperatura ambiental.

Los datos de pH se encuentran alrededor de 10,13 de sustancias líquidas dentro del contenedor, de acuerdo con los resultados obtenidos se presenta una mínima variación de 1,04, por consiguiente, las mediciones en un nivel bajo de dispersión, presentando una variabilidad de 1,02 respecto a 10,13, esto indica que se generaron altos niveles lixiviados generando malos olores por descomposición de materia orgánica.

El nivel de la basura en el contenedor se mantuvo alrededor de 128,49 de llenado conforme a los valores obtenidos de la media, arrojando una variación de 578,54, por ende, los datos están altamente dispersos con una variabilidad máxima de 24,05, debido a que durante el tiempo de medición es frecuente el depósito de desechos en el contenedor. Todos estos datos fueron tomados entre semana en un horario de 14h00 a 02h00.

Como se puede ratificar en los boxplot (Gráfico 3-3) de cada una de las variables en estudio. Para esto se tomó la muestra de 146 datos de cada variable medida. Se observan datos atípicos con una concentración de datos de la temperatura esta alrededor de 26 a 29 °C; con respecto a la humedad la mayoría de los datos oscilan de 49 a 75 %; la medida del pH de los lixiviados la mayor parte se encuentran datos atípicos entre 10,8 a 11,9; los niveles de llenado del contenedor son altamente atípicos y se encuentran alrededor de 65 a 105 del total de la capacidad del contenedor.



**Gráfico 3-3: Boxplot Escenario 3**  
**Realizado por:** MAYORGA, Paúl, PANCHI, Johana, 2019

De acuerdo a los tres escenarios establecido, se pudo decir que la temperatura ambiente es mayor a partir de las 12h00 del día entre semana, con datos alrededor de 22°C, con respecto a la humedad esta entre semana es menor ya que los desechos son retirados todos los días, menos los fines de semana, esta llega a valores alrededor de 71%. Los desechos orgánicos se desintegraron con más facilidad los fines de semana, ya que los desechos permanecieron por más de dos días y acompañado de la humedad alta generaron malos olores.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los Eco-Tachos de la ciudad de Riobamba, constituido por tres nodos: sensor, gateway, almacenamiento y monitoreo, basados en las tecnologías NRF y Wi-Fi, con el propósito de medir los lixiviados que se generan en los Eco-Tachos y a su vez para mejorar la frecuencia de recolección de dichos desechos.
- Los requerimientos arrojados por el prototipo STR fueron el de protección contra polvo, humedad y golpes, siendo la tarjeta de desarrollo la más propensa a daños, por lo cual se vio la necesidad de brindarle mayor protección; a su vez se necesitó 48 horas de autonomía determinando un panel solar de 60 W para cargar una batería de hasta 15 V.
- Se eligió mediante el uso de la escala de Likert la topología estrella ya que al conectarse a un nodo central disminuye la latencia en la transmisión de datos, además de facilitar la detección de posibles errores en el funcionamiento de la red.
- Cada Eco-Tacho ubicado en la ciudad de Riobamba no supera los 300 metros de separación aproximadamente, por lo cual se concluyó que al implementar el prototipo STR la distancia de cada contenedor no debe superar los 480 metros debido a que si supera esta medición no existirá ninguna comunicación ni transmisión de datos; si se desea una comunicación exitosa debe prevalecer en el rango de los 326 metros de distancia cada Eco-Tacho.
- El prototipo STR permite ver en tiempo real el estado de los desechos dentro del eco-tacho; al mismo tiempo emite alertas de llenado, también cuando la temperatura y la humedad influyen sobre la descomposición acelerada de los desechos.
- De acuerdo a los datos obtenidos por el prototipo STR, se determinó que los desechos dentro del contenedor pasado los dos días y con un porcentaje de humedad superior a 50% y con una temperatura mayor a 30°C, se acelera el proceso de descomposición y por ende los valores medidos por el sensor de pH sobrepasaron los 8,5 generando carbonatos y bicarbonatos produciendo malos olores.

- Al examinar los datos enviados a la base de datos, estos constituyen un 0,0115888% de las 1000 MB ofrecidas por el servidor durante un año de capacidad de almacenamiento, recibiendo tramas de 218 bytes cada 5 minutos, esto nos afirma que durante un año el prototipo STR será autónomo.
- No es viable utilizar GPRS como medio de comunicación inalámbrica, debido a que en la ciudad de Riobamba existen 1050 eco tachos, lo cual representaría un alto gasto económico tanto en saldo mensual como en la compra de cada chip que se colocaría en el contenedor, gasto que no puede ser financiado por el GAD municipal.



## RECOMENDACIONES

- Se debería incorporar más sensores al prototipo, esto permitirá una recolección eficiente, optimizando tiempos y dinero, a su vez en caso de emergencia permitirá actuar de manera conveniente, los sensores podrían ser de humo en caso de que al contenedor lo incendien, los de malos olores y un giroscopio para ver si el contenedor está ubicado correctamente.
- Se podrían incorporar sensores inalámbricos, esto permitirá que ya no se utilicen sensores cableados para evitar en un futuro que los cables se deterioren o rompan, a su vez sería necesario encontrar sensores más económicos y de fácil adquisición para que el prototipo pueda ser más aplicable en los diferentes contenedores.
- En caso de obtener valores diferentes a lo esperado en primer lugar se debe revisar las conexiones físicas y la correcta alimentación de cada dispositivo para evitar daños en los mismos y pérdida de tiempo.
- Desarrollar una aplicación para que esta envíe alertas a los teléfonos de cada personal de recolección para evitar el proceso de ingreso constante a la página web a la espera de cambios o alertas.
- Se recomienda utilizar un servidor web de paga, ya que estos ofrecen mayor seguridad, confiabilidad y mejores características de gestión de los datos, obteniendo mejores resultados para posteriores análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

**000Webhost.** *Free web host features - PHP, MySQL, cPanel, no ads.* 2018. Available at: <https://www.000webhost.com/features> (Accessed: 4 December 2018).

**Acosta Ponce María Catalina.** *ESTUDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 "ZIGBEE" PARA COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA Y SU COMPARACIÓN CON EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.1 "BLUETOOTH".* ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. 2006. Available at: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/55/1/CD-0024.pdf> (Accessed: 7 May 2018).

**Ben Adler.** *¿Qué ciudad es la que genera más basura en el mundo?.* 2016. Available at: [https://www.eldiario.es/theguardian/ciudad-genera-basura-mundo\\_0\\_574293331.html](https://www.eldiario.es/theguardian/ciudad-genera-basura-mundo_0_574293331.html) (Accessed: 6 May 2018).

**Alarcón Isabel.** *Ecuador tiene un déficit en reciclar basura | El Comercio.* 2017. Available at: <http://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html> (Accessed: 6 May 2018).

**Alberto García.** *Arduino vs Raspberry Pi: ¿cuál es la mejor placa para iniciarse?.* 2017. Available at: <https://www.adslzone.net/2017/03/24/arduino-vs-raspberry-pi-cual-es-la-mejor-placa-para-iniciarse/> (Accessed: 4 December 2018).

**Alire, L. and Ramos, J.** *Los contenedores de basura son un riesgo para la salud | Diario Correo.* 2017. Available at: <https://diariocorreop.pe/edicion/arequipa/los-contenedores-de-basura-son-un-riesgo-para-la-salud-738967/> (Accessed: 22 January 2019).

**Amazon Web Services.** *Data Lakes and Analytics | AWS.* 2018. Available at: [https://aws.amazon.com/es/big-data/datalakes-and-analytics/?nc2=h\\_m1](https://aws.amazon.com/es/big-data/datalakes-and-analytics/?nc2=h_m1) (Accessed: 5 January 2019).

**Andreu Gómez, J.** *Redes locales de datos (Redes locales) - Joaquín Andreu - Google Libros.* 2011. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=zQjTAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> (Accessed: 1 May 2018).

**Arduino.** *Arduino - Introduction.* 2018. Available at: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (Accessed: 4 December 2018).

**Arteaga Sandra.** *Crea gas para cocinar y fertilizante con basura orgánica | Tecnología - ComputerHoy.com.* 2015. Available at: <https://computerhoy.com/noticias/hardware/crea-gas->

cocinar-fertilizante-basura-organica-37589 (Accessed: 27 May 2018).

**Bernal, I.** *Visión general de Tecnologías Inalámbricas Agenda Agenda • Comunicaciones Inalámbricas Redes Inalámbricas de Datos Telefonía Celular Telefonía Celular*. 2008. Available at: <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernalhttp://clusterfie.epn.edu.ec/ibernalEcuador> (Accessed: 22 January 2019).

**Borrás Carla.** *Contenedores de reciclaje inteligentes*. 2015. Available at: <https://www.ecologiaverde.com/contenedores-de-reciclaje-inteligentes-203.html> (Accessed: 27 May 2018).

**Cadena Humberto.** *NY prueba colectores inteligentes de basura con WiFi / ViveUSA.mx*. 2015. Available at: <http://www.viveusa.mx/articulo/2015/07/20/bienestar/ny-prueba-colectores-inteligentes-de-basura-con-wifi> (Accessed: 6 May 2018).

**Carlos.** *Capítulo 1: Conceptos de Radiofrecuencia*. Available at: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/nocedal\\_d\\_jm/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/nocedal_d_jm/capitulo1.pdf) (Accessed: 22 January 2019).

**Cerdá Filiu, L. M.** *Instalaciones eléctricas y automatismos: Instalación y mantenimiento, Instalaciones frigoríficas y de climatización, Instalaciones de producción de calor*. 2014. Paraninfo.

**El Comercio.** *Diseñador kayambi creó basurero inteligente para ayudar al reciclaje / El Comercio, 2016-10-03*. 2016. Available at: <http://www.elcomercio.com/tendencias/basurero-inteligente-reciclaje-intercultural-kayambi.html> (Accessed: 2 May 2018).

**EcuadorInmediato.** *Ecuador genera más de 4'000.000 de toneladas de basura anualmente; 43% proviene de Quito y Guayaquil:: Ecuadorinmediato*. 2016. Available at: [http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=2818795111](http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818795111) (Accessed: 6 May 2018).

**eltelegrafo.** *El Telégrafo - El sistema de ecotachos se implementará desde agosto, 2013-06-17*. 2013. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-sistema-de-ecotachos-se-implementara-desde-agosto> (Accessed: 2 May 2018).

**eltelegrafo.** *El Telégrafo - En Nueva York la recolección de basura es un reto*. 2015. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/planeta/1/en-nueva-york-la-recoleccion-de-basura-es-un-reto> (Accessed: 6 May 2018).

**eltelegrafo.** *El Telégrafo - La contenerización de basura registra problemas en Quito, 2017-12-29*. 2017. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/la-contenerizacion-de-basura-registra-problemas-en-quito> (Accessed: 2 May 2018).

**eltelegrafo.** *La reposición de un ecotacho le cuesta \$ 1.655 a la ciudad*, 2017-05-06. 2017. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/la-reposicion-de-un-ecotacho-le-cuesta-usd-1-655-a-la-ciudad> (Accessed: 2 May 2018).

**Erich ET AL. Zabler.** *Los sensores en el automóvil* - Google Libros. 2002. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=wnU1d-9TjDIC&pg=PA31&dq=sensores+de+nivel&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiF5JKV1t3aAhVSvlMKHTsrCYEQ6AEIMTAC#v=onepage&q=sensores de nivel&f=false> (Accessed: 28 April 2018).

**ESPINOSA LLORENS, M. del C. et al.** *Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana*, *Revista internacional de contaminación ambiental*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 2010. Available at: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992010000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000400006) (Accessed: 22 January 2019).

**Fernandez Muerza Alex.** *El primer contenedor de reciclaje se colocó en Barcelona... y otras curiosidades sobre los depósitos* | *El Huffington Post*. 2017. Available at: [https://www.huffingtonpost.es/2017/05/10/el-primer-contenedor-de-reciclaje-se-coloco-en-barcelona-y-ot\\_a\\_22077328/](https://www.huffingtonpost.es/2017/05/10/el-primer-contenedor-de-reciclaje-se-coloco-en-barcelona-y-ot_a_22077328/) (Accessed: 25 March 2019).

**GADMR.** *Dirección de Higiene socializó plan de contenerización y sistema de recolección de desechos sólidos - Municipio Riobamba*. 2015. Available at: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/noticias/boletines-de-prensa/503-direccion-de-higiene-socializo-plan-de-contenerizacion-y-sistema-de-recoleccion-de-desechos-solidos> (Accessed: 6 May 2018).

**General Electric Reports Latinoamérica.** *Estos robots usan IA para un reciclaje inteligente – GE Reports Latinoamérica*. 2017. Available at: <https://gereportslatinoamerica.com/estos-robots-usan-ia-para-un-reciclaje-inteligente-4d32566e3e4a> (Accessed: 28 February 2019).

**Gestión Ambiental.** *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS*. Available at: [http://www.efficacitas.com/efficacitas\\_es/assets/Anexo 6.pdf](http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Anexo 6.pdf) (Accessed: 26 February 2019).

**Gil Vázquez, P., Pomares Baeza, J. and Candelas Herias, F. A.** *Redes de transmisión de datos*. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. 2010. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=On6y2SEaWyMC&pg=PA18&dq=topologías+de+red&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwivrsy96eXaAhWC61MKHftSC64Q6AEINzAD#v=onepage&q=topologías de red&f=false> (Accessed: 1 May 2018).

**Gómez de la Torre, Blanco Mariana, G. A.** 'Residuos sólidos en América Latina: gestión, políticas públicas y conflictos socioambientales', *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, N°17, p. 1. 2015. Available at: <http://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/1627/1288> (Accessed: 7 May 2018).

**Grabinsky, A.** *En Afula, "contenedores inteligentes" de residuos avisan cuando están llenos* - *Enlace Judío*. 2015. Available at: <https://www.enlacejudio.com/2015/08/31/en-afula-contenedores-inteligentes-de-residuos-avisan-cuando-estan-llenos/> (Accessed: 6 May 2018).

**Guijarro Luis.** *Los países que más basura generan y los que más reciclan del mundo*, *El Huffington Post*. 2016. Available at: [https://www.huffingtonpost.es/2016/06/22/paises-contaminan-recicla\\_n\\_10509726.html](https://www.huffingtonpost.es/2016/06/22/paises-contaminan-recicla_n_10509726.html) (Accessed: 7 May 2018).

**Heroku.** *What is Heroku / Heroku*. 2018. Available at: <https://www.heroku.com/what> (Accessed: 5 January 2019).

**HÖHR RAFA & RIPA JAIME.** *¿Qué país produce más basura? | Economía | EL PAÍS, EL PAÍS*. 2018. Available at: [https://elpais.com/economia/2016/10/11/actualidad/1476178323\\_104642.html](https://elpais.com/economia/2016/10/11/actualidad/1476178323_104642.html) (Accessed: 7 May 2018).

**INEC.** *Los ecuatorianos producen 0,57 kilogramos de residuos sólidos diario* |, 2015-12-11. 2015. Available at: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/los-ecuatorianos-producen-057-kilogramos-de-residuos-solidos-diario> (Accessed: 1 May 2018).

**Infobae.** *El atlas de los desperdicios: los países que más basura producen* - *Infobae, infobae*. 2017. Available at: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/05/01/el-atlas-de-los-desperdicios-los-paises-que-mas-basura-producen/> (Accessed: 7 May 2018).

**La Información.** *Holanda estrena cubos de basura inteligentes: te piden el DNI y te cobran según los kilos de desperdicios generados* - *Mundo - Diario La Informacion*, 2016-02-16. 2016. Available at: [https://www.lainformacion.com/mundo/holanda-estrena-cubos-de-basura-inteligentes-te-piden-el-dni-y-te-cobran-segun-los-kilos-de-desperdicios-generados\\_5m5scehes2rjrjgibywg04/](https://www.lainformacion.com/mundo/holanda-estrena-cubos-de-basura-inteligentes-te-piden-el-dni-y-te-cobran-segun-los-kilos-de-desperdicios-generados_5m5scehes2rjrjgibywg04/) (Accessed: 2 May 2018).

**Intertek Group plc.** *Ensayos de Protección IP (Ingress Protection) en Productos de Iluminación: Norma IEC 60529*. Available at: <http://www.intertek.es/iluminacion/ip-ingress-protection-iec-60529/> (Accessed: 2 May 2018).

**Juan Manuel.** '¿Qué son los servidores web y por qué son necesarios? - Duplika', <https://duplika.com/>. 2010. Available at: <https://duplika.com/blog/que-son-los-servidores-web-y->

por-que-son-necesarios/ (Accessed: 5 January 2019).

**Kirschbaum Ricardo.** *Mundo: se genera por hora 228 mil toneladas de basura y el 30% no se levanta.* 2017. Available at: [https://www.clarin.com/suplementos/zona/mundo-genera-hora-228-mil-toneladas-basura-30-levanta\\_0\\_Syz1sQM1b.html](https://www.clarin.com/suplementos/zona/mundo-genera-hora-228-mil-toneladas-basura-30-levanta_0_Syz1sQM1b.html) (Accessed: 6 May 2018).

**LaHora.** *Culminó colocación de ecotachos: Noticias Tungurahua: La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo.* 2007. Available at: <https://lahora.com.ec/noticia/585866/culminc3b3-colocacic3b3n-de-ecotachos> (Accessed: 6 May 2018).

**‘LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION’.** 2004. Available at: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf> (Accessed: 2 May 2018).

**Lizalda, D., Durán, J. and Hernández, C.** ‘Monitoring system of technical and environmental conditions of the Unicauca Stereo transmission system Sistema de monitoreo de condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo’, p. 2. 2016. Available at: <http://fundacioniai.org/actas/Actas2/Actas2.21.pdf> (Accessed: 4 June 2018).

**López Herrera, J.** ‘Programación en tiempo real y bases de datos: un enfoque práctico’, pp. 119–123. 2011. Available at: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36650/9788476536865.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 22 January 2019).

**Lordméndez, P.** *Nueva York convierte contenedores inteligentes en zonas Wi-Fi - VeoVerde / Nueva Mujer,* 2015-07-17. 2015. Available at: <https://www.nuevamujer.com/bienestar/2015/07/17/nueva-york-convierte-contenedores-inteligentes-en-zonas-wi-fi.html> [https://www.huffingtonpost.com/entry/new-york-city-is-turning-smart-garbage-bins-into-free-wifi-hotspots\\_us\\_55a6925ae4b0c5f0322c0569?ir=Gr](https://www.huffingtonpost.com/entry/new-york-city-is-turning-smart-garbage-bins-into-free-wifi-hotspots_us_55a6925ae4b0c5f0322c0569?ir=Gr) (Accessed: 2 May 2018).

**Martín Castillo, J. C. and García García, M. P.** *Automatismos industriales - Juan Carlos Martín, M<sup>a</sup> Pilar García - Google Libros,* 2009. Available at: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jihTDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=grados+de+protección+ip&ots=qY5AjMtXy8&sig=83Gdb0yzX9MQdoKUNLoq4fbMZYM#v=onepage&q=grados de protección ip&f=false> (Accessed: 2 May 2018).

**Mechatronics naylamp.** *Sensor Ultrasonido US-100 - Naylamp Mechatronics - Perú.* 2017. Available at: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/283-sensor-ultrasonico-us-100.html> (Accessed: 3 September 2018).

**Miguel.** *Sensores. Definición y características - Control Real Español, 18 agosto, 2015.* 2015. Available at: <http://controlreal.com/es/sensores-definicion-y-caracteristicas/> (Accessed: 27 April 2018).

**Ministerio del Ambiente.** *Programa 'PNGIDS' Ecuador.* 2015. Available at: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/> (Accessed: 1 May 2018).

**Minitab.** 'El teorema del límite central: las medias de muestras grandes y aleatorias son aproximadamente normales'. 2019. Available at: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/about-the-central-limit-theorem/> (Accessed: 7 March 2019).

**Moreno Javier Martín & Fernández Daniel Ruiz.** 'Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4)', p. 6. 2007. Available at: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_ZigBee.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf) (Accessed: 7 May 2018).

**Morocho Sailema Vanessa Elena & Quinapanta Páez Jonathan Ismael.** 'DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MULTIMODAL QUE PERMITA MONITOREAR Y CONTROLAR LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN TIEMPO REAL PARA SMART CITIES'. 2016. Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6376/1/98T00108.pdf> (Accessed: 6 May 2018).

**Najera Aguilar, H. A.** *LIXIVIADOS ¿Qué son, cómo se clasifican? (Parte 1) ¿Qué son, cómo se clasifican? (Parte 1) LIXIVIADOS Parámetro Intervalo de valores (mg/L) (excepto donde se indica ) Parámetro Intervalo de valores (mg/L).* Available at: [https://www.unicach.mx/\\_ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf](https://www.unicach.mx/_ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf) (Accessed: 22 January 2019).

**Navarro Macías, R.** *Cómo los sistemas de basura inteligentes reducen los costes de recogida,* 2017-02-20. 2017. Available at: <http://www.lavanguardia.com/vivo/ciudad/20170220/42155611703/basura-smart-ciudad.html> (Accessed: 2 May 2018).

**Neufti, E. et al.** *Diseño Y Construcción De Una Red De Computo Bajo Normas Internacionales, Aplicadas Para Un Laboratorio De Redes De Computadoras.* 2012. Available at: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10768/19.pdf?sequence=1> (Accessed: 3 May 2018).

**OMEGA.** *Medidores de pH: Sepa más sobre los sistemas y medidores de pH.* Available at: <https://cl.omega.com/prodinfo/medidores-de-ph.html> (Accessed: 28 April 2018).

**ONU.** *Población / Naciones Unidas, ONU.* Available at: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> (Accessed: 9 June 2018).

**ORACLE.** *MySQL / La base de datos de código abierto más popular / Oracle Venezuela.* 2018. Available at: <https://www.oracle.com/ve/mysql/> (Accessed: 5 January 2019).

**Orman Eugene.** *La media vs. la mediana – Zendesk Support.* 2019. Available at: <https://support.zendesk.com/hc/es/articles/228989407-La-media-vs-la-mediana> (Accessed: 7 March 2019).

**Pablo Jara Werchau, I. and Patricia Nazar, I.** ‘Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN’, p. 3. 2013. Available at: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard\\_802\\_11.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf) (Accessed: 6 May 2018).

**Pablos Heredero, C.** *Informática y comunicaciones en la empresa.* ESIC Editorial. 2004. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=U0MXWtqjxtsC&pg=PA153&dq=topologías+de+red&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwivrsy96eXaAhWC61MKHftSC64Q6AEIKzAB#v=onepage&q=topologías+de+red&f=false> (Accessed: 1 May 2018).

**Da Paz Teixeira, J. O.** ‘Una Red de Sensores para las Smart Cities’, 5, p. 29.

Pérez, S. *et al.* (2016) ‘Análisis comparativo de métricas de QoS de Redes Wi-Fi 802.11e con capa física 802.11n y 802.11ac’, 2016-05-12, pp. 1–2. 2015. Available at: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52758> (Accessed: 6 May 2018).

**El Periodico.** *Barcelona apuesta por la recogida inteligente de basura, 2018-04-19.* 2018. Available at: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20180416/barcelona-apuesta-por-recogida-inteligente-basura-6761926> (Accessed: 2 May 2018).

**Prieto Blázquez, J.** ‘Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos’, p. 17,20. 2015. Available at: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40184329/Tecnologia\\_y\\_desarrollo\\_en\\_dispositivos\\_moviles\\_Modulo\\_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525656723&Signature=8AN%2FAY%2FIt90S94W%2BTPHTYE03%2B50%3D&response-content-disposition=inli](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40184329/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_Modulo_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525656723&Signature=8AN%2FAY%2FIt90S94W%2BTPHTYE03%2B50%3D&response-content-disposition=inli) (Accessed: 6 May 2018).

**Quispe, O.** *Tarjetas Para Desarrollo De Hardware – Lightpath.* 2017. Available at: <http://www.lightpath.io/tarjetas-de-desarrollo/> (Accessed: 22 January 2019).

**Raspberry.** *Raspberry Pi - Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi, Raspberry.* 2018. Available at: <https://www.raspberrypi.org/> (Accessed: 7 May 2018).



**Rouse Margaret.** *¿Qué es Servidor Web? - Definición en WhatIs.com.* 2017. Available at: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Servidor-Web> (Accessed: 5 January 2019).

**Rubio David.** *Manejo, Gestión y Administración de Residuos, El Caso de Singapur en Siglo XXI. / Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, UTADEO.* 2016. Available at: <https://www.utadeo.edu.co/es/notas/singapur/observatorio-asia-pacifico/142591/manejo-gestion-y-administracion-de-residuos-el-caso-de-singapur-en-siglo-xxi> (Accessed: 7 May 2018).

**Sáez, Alejandrina; Urdaneta G., J. A.** *Omnia, Omnia.* [s.n.]. 2014. Available at: <http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/> (Accessed: 7 May 2018).

**Saralegui Beñat Prieto.** *OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA MANCOMUNIDAD DE SAN MARKOS MEDIANTE HERRAMIENTAS MULTICRITERIO.* 2015. Available at: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/reader.action?docID=5309032&ppg=1&query=rsu> (Accessed: 9 June 2018).

**Secretaria del Ambiente.** *Corea del Sur: un ejemplo de reciclaje y limpieza / seam, 2015-09-15.* 2011. Available at: <http://www.seam.gov.py/content/corea-del-sur-un-ejemplo-de-reciclaje-y-limpieza> (Accessed: 6 May 2018).

**Secretaría Técnica Plan Para Toda Una Vida.** 'LEY ORGANICA DE SALUD', 2012-01-24. 2012. Available at: [http://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY\\_ORGANICA\\_DE\\_SALUD.pdf](http://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf) (Accessed: 2 May 2018).

**Serna Ruiz, A., Ros García, F. A. and Rico Noguera, J. C.** *Guía práctica de sensores.* Creaciones Copyright. 2010. Available at: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqWC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+electrónicos&ots=BvdNe22yr3&sig=62AtwEFSkpt4x\\_TPeOczb95iQ30#v=onepage&q=sensores+electrónicos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqWC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+electrónicos&ots=BvdNe22yr3&sig=62AtwEFSkpt4x_TPeOczb95iQ30#v=onepage&q=sensores+electrónicos&f=false) (Accessed: 27 April 2018).

**Trujillo, M.** *CONSTRUIR Y ADMINISTRAR REDES.* 2012. Available at: <http://construiryadministrarredes42mariela.blogspot.com/> (Accessed: 7 June 2018).

**University of Leeds, ISWA, SWEEPNET, WIERT, S.** *Waste Atlas - Interactive map with visualized waste management data, WASTE ATLAS.* 2014. Available at: <http://www.atlas.d-waste.com/> (Accessed: 7 May 2018).

**Vanguardia.** *Barcelona pondrá sensores en contenedores de basura para avisar cuando estén llenos,* 2015-01-31. 2015. Available at: <http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20150131/54426703659/barcelona-sensores->

contenedores-basura.html (Accessed: 2 May 2018).

**Vela, A.** ‘Estudio de la Agricultura de Precisión Enfocado en la Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el Monitoreo de Humedad y Temperatura en Cultivos – Caso de Estudio Hacienda Cabalinus Ubicada en la Provincia de Los Ríos’, *Revista Politécnica-Abril*, 38(1), p. 3. 2016. Available at: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11112/Artículo científico Andrés Vela-Revista EPN.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11112/Artículo_científico_Andrés_Vela-Revista_EPN.PDF?sequence=1&isAllowed=y) (Accessed: 7 June 2018).

**Yadira, C.** *Modelo Orientado Prototipos*. 2010. Available at: <http://yadprototipos.blogspot.com/> (Accessed: 22 March 2019).

**ZigBee Alliance.** *What is Zigbee? | Zigbee Alliance, ZigBee*. Available at: <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/> (Accessed: 7 May 2018).

**Zuma.** *El reciclaje y los contenedores de basura: su importancia para el medio ambiente | Botes de Basura Zuma*, 2016. Available at: <https://botesdebasura.com.mx/el-reciclaje-y-los-contenedores-de-basura-su-importancia-para-el-medio-ambiente/> (Accessed: 2 May 2018).

<sup>10</sup> Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

## Anexo B: Datasheet sensor JSN-SR04T

### JSN-SR04T-2.0

#### 20-600 cm Ultrasonic Waterproof Range Finder

JSN-SR04T-2.0 ultrasonic distance measurement module can provide 20cm-600cm non-contact distance sensing function, ranging accuracy up to 2mm; module includes the transceiver of an integrated ultrasonic sensor and control circuit. Mode one usage and the Division's JSN-SR04T-2.0 module.

This product adopts industrial-grade integrated ultrasonic probe design, waterproof type, stable performance, all the MCU on the market. 1, the module performance is stable, the measurement distance is accurate. And foreign SRF05, SRF02 and other ultrasonic rangefinder module comparable. Module high precision, blind (20cm), stable range is the product successfully to the market a strong basis.

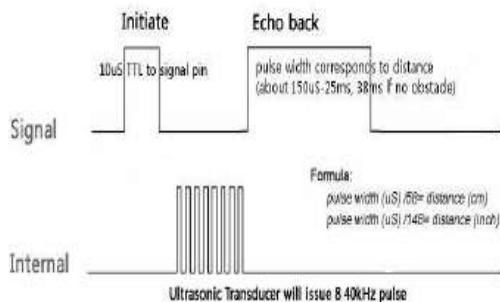
#### Features:

1. small size, easy to use;
2. low voltage, low power consumption;
3. high precision measurement;
4. strong anti-interference;
5. integrated closed waterproof cable probe, suitable for wet, bad measurement occasions

#### Specifications:

	Pulse width output / Serial Output
Operating Voltage	DC 3.0-5.5V
Working current	Less than 8mA
Probe frequency	40KHz
Farthest range	600cm
Recent range	20cm
Distance accuracy	±1cm
Resolution	1mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1, 10μs above the TTL pulse 2, the serial port to send instructions 0X55
Output the echo signal	Output pulse width level signal, or TTL
Wiring	3-5.5V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product Size	L42 * W29 * H12 mm
Operating temperature	-20 °C to +70 °C
Product color	PCB board is blue

#### 2. ultrasonic timing diagram:



A short ultrasonic pulse is transmitted at the time 0, reflected by an object. The sensor receives this signal and converts it to an electric signal. The next pulse can be transmitted when the echo fades. This time period is called cycle period. The recommend cycle period should be no less than 30ms. If a 10μs width trigger pulse is sent to the signal pin, the ultrasonic module will output eight 40KHz ultrasonic signals and detect the echo back. The measured distance is proportional to the echo pulse width and can be calculated by the formula above. If no obstacle is detected, the output pin will give a 38ms high level signal.

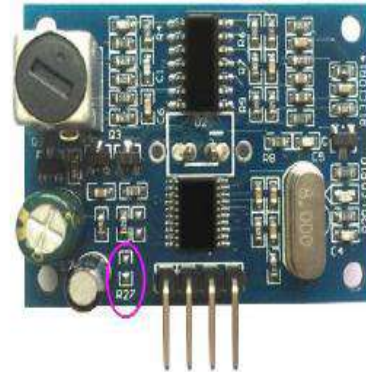
**Mode 2:** R27 = 47K is the welding 47K resistance. The pattern is described below

**Serial output format for the TTL level:** that: 100MS module for the cycle of automatic output distance value, the unit is mm. Serial baud rate: 9600, n, 8, 1.

After the module is powered on, it will enter the working mode directly, and the range will be carried out every 100ms within the module and one frame will be output from the pin TX, including four 8-bit data. The frame format is: 0XFF + H\_DATA + L\_DATA + SUM

1. 0XFF: for a frame to start the data, used to judge;
2. H\_DATA: the upper 8 bits of the distance data;
3. L\_DATA: the lower 8 bits of the distance data;
4. SUM: data and, for the effect of its 0XFF + H\_DATA + L\_DATA = SUM (only low 8)

#### Function Description:



**Mode 1:** R27 = open that is not welding. The pattern is described below

#### 1. the basic working principle:

- (1) using IO port TRIG trigger range, to a minimum of 10μs high letter;
- (2) module automatically send 8 40kHz square wave, automatically detect whether there is a signal to return;
- (3) a signal to return, through the IO port ECHO output a high level, high time is the duration of ultrasound from the launch to the return time. Test distance = (high time \* speed of sound (340M / s)) / 2;
- (4) module is triggered after the distance measurement, if you cannot receive the echo (the reason exceeds the measured range or the probe is not on the measured object), ECHO port will automatically become low after 60MS, marking the End of measurement, whether successful or not.
- (5) LED indicator, LED non-power indicator, it will receive the signal after the module will be lit, then the module is working.

**Note:** H\_DATA and L\_DATA synthesize 16-bit data, that is, the distance in millimeters

E.G:

Product response FF 07 A1 A7

Where the check code SUM = A7 = (0x07 + 0xA1 + 0xFF) & 0x00FF

0x07 is the high data of the distance;

0xA1 is the lower data of the distance;

Distance value is 0x07A1; converted to decimal for 1953; unit: mm

**Description:** The module outputs the nearest distance value in the dead zone, and outputs 0 if the module does not measure the data or is out of range.

**LED indicator,** LED non-power indicator, the module connected to work after the light, then the module is working.

**Mode 3:** R27 = 120K that is welding 120K resistance. In the serial port mode

After the module is powered on, the module enters standby mode. The serial output format is TTL level, serial port baud rate: 9600, n, 8, 1. When the RX port receives the 0X55 instruction, the module starts a ranging and outputs one frame from the pin TX with four 8-bit data. The frame format is: 0XFF + H\_DATA + L\_DATA + SUM

1. 0XFF: for a frame to start the data, used to judge;
2. H\_DATA: the upper 8 bits of the distance data;
3. L\_DATA: the lower 8 bits of the distance data;
4. SUM: data and, for the effect of its 0XFF + H\_DATA + L\_DATA = SUM (only low 8)

**Note:** H\_DATA and L\_DATA synthesize 16-bit data, that is, the distance in millimeters

**Description:** The module outputs the nearest distance value in the dead zone, and outputs 0 if the module does not measure the data or is out of range.

**LED indicator,** LED non-power indicator, it will receive the 0X55 trigger signal after the module will be lit, then the module is working.



## Anexo C: Datasheet sensor SEN0161

### Introduction

Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? Find it difficult to use with Arduino? Here comes an analog pH meter, specially designed for Arduino controllers and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LED which works as the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. You can just connect the pH sensor with BNC connector, and plug the PH2.0 interface into any analog input on Arduino controller to read pH value easily.

### Specification



#### SEN0161 dimension

Module Power: 5.00V  
Circuit Board Size: 43mm×32mm  
pH Measuring Range: 0-14  
Measuring Temperature: 0-80 °C  
Accuracy:  $\pm 0.1$ pH (25 °C)  
Response Time:  $\leq 1$ min  
pH Sensor with BNC Connector  
PH2.0 Interface (3 foot patch )  
Gain Adjustment Potentiometer  
Power Indicator LED

### Precautions

Before and after use of the pH electrode every time, you need to use (pure)water to clean it.

The electrode plug should be kept clean and dry in case of short circuit.

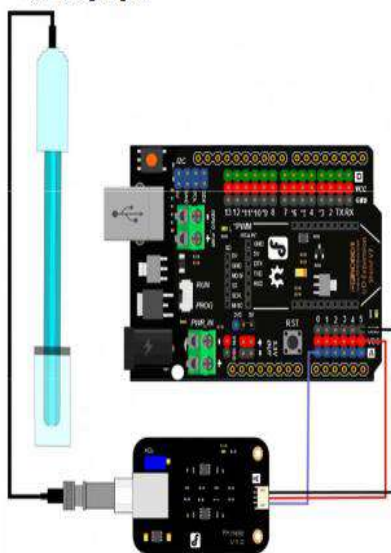
**Preservation:** Electrode reference preservation solution is the 3N KCL solution.

Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.

Electrode blub or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.

**NOTE:** It is normal that if your reading is much different with the table since you are not reading from the electrode directly but from the voltage adapter, it has converted the original voltage (-5V ~ +5V) to Arduino compatible voltage, i.e. 0 ~ 5V. [See the discussion on Forum.](#)

### Usage Connecting Diagram



Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

#### NOTE: Differences between the probes, SEN0161 and SEN0169

Their usages/ specifications are almost the same. The differences locates at

**Long-firing Operation:** SEN0169 supports, while SEN0161 NOT, i.e. you can not immerse SEN0161 in water for Continuous Testing.

**Life Span:** In 25 °C, pure water, do Continuous Testing with them both, SEN0169 can work two years, while SEN0161 can only last for 8 months. And just for reference, if put them in turbid, strongly acid and alkali solution, 25°C, the life span would drop to one year (SEN0169), 1 month(or shorter, SEN0161).  
Temperature, pH, turbidity of the water effect the probe life span a lot.

**Waterproof:** You can immerse the whole probe SEN0169 into the water, while you can only immerse the front part of the probe SEN0161, the electrode glass bulb, into water, the rear part, from the white shell to the cable, MUST NOT be under water.

**Strongly Acid and Alkali:** SEN0169 are preferred for strongly acid and alkali test. And if your testing range is usually within pH8-8, then SEN0161 is capable for that.

### pH Electrode Characteristics

The output of pH electrode is Millivolts, and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
314.96	1.00	-314.96	13.00
215.80	2.00	-215.80	12.00
116.64	3.00	-116.64	11.00
17.48	4.00	-17.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Before you insert the pH probe into one solution from another, or after you finish using the sensor, you must wash the pH electrode with pure water everytime (distilled water is the best)!

The closer power supply to +5.00V, the more accurate pH readings you could get.

You have to immerse the pH probe into stationary solution instead of the running one to get relative stable pH readings.

How long should it be under the solution? It depends on the pH value, the closer to neutral solution (pH = 7.00), the longer it will take. As we tested in water pH = 6.0, the blue one costs 6 minutes, and in standard Acid/ Alkali (4.00/ 10.00) solutions, it only needs 10 seconds.

### Method 1. Software Calibration

The software calibration is easier than the next part - Hardware Calibration through the Potentiometer. Because it writes the calibration values into Arduino's EEPROM, so you can calibrate once for all if you won't replace your Arduino. It uses mathematical method that to draw a line using two points, i.e. using the Acid standard solution, pH = 4.00 and alkaline pH = 10.00 or 9.18 to draw the linear relation between the voltage and the pH value.



For NOTE 3. Arduino sample sketch "EEPROM Clear"

#### NOTE:

During the calibration (from step 4 to step 7), power outage should be avoided, or you will have to start over from step 4.

Software Calibration has nothing to do with the potentiometer on the adapter. Especially after you finished the calibration, you should never adjust the potentiometer, or you should start over. Moreover, considering the mechanical vibration might interfere the potentiometer value, you could seal it by Hot Melt Adhesive.

If you want to try Hardware Calibration, you'd better reset the EEPROM setting by uploading the Arduino IDE sample sketch "EEPROM Clear" as shown as the right hand picture.

## Anexo D: Datasheet sensor Arduino MEGA 2560



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

### Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

### Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

- value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I<sup>2</sup>C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I<sup>2</sup>C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

### Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I<sup>2</sup>C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I<sup>2</sup>C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

### Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

### Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

### Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

### Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

### USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

### Physical Characteristics and Shield Compatibility

# Anexo E: Datasheet módulo NRF24L01

## nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver Preliminary Product Specification v1.0

### Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- 250kbps, 1Mbps and 2Mbps on air data rates
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 13.5mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 26µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Drop-in compatibility with nRF24L01
- On-air compatible in 250kbps and 1Mbps with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs

### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

nRF24L01+ Preliminary Product Specification



### 1.2 Block diagram

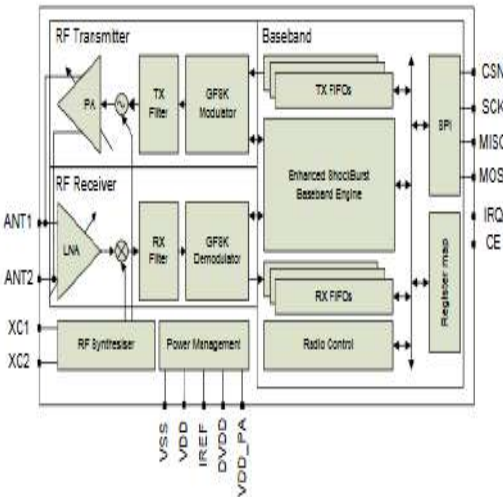


Figure 1. nRF24L01+ block diagram



nRF24L01+ Preliminary Product Specification

### 1.1 Features

Features of the nRF24L01+ include:

- Radio
  - Worldwide 2.4GHz ISM band operation
  - 126 RF channels
  - Common RX and TX interface
  - GFSK modulation
  - 250kbps, 1 and 2Mbps air data rate
  - 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
  - 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
  - Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
  - 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
  - Fast AGC for improved dynamic range
  - Integrated channel filters
  - 13.5mA at 2Mbps
  - 32dBm sensitivity at 2Mbps
  - 85dBm sensitivity at 1Mbps
  - 94dBm sensitivity at 250kbps
- RF Synthesizer
  - Fully integrated synthesizer
  - No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
  - Accepts low cost ±60ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
  - 1 to 32 bytes dynamic payload length
  - Automatic packet handling
  - Auto packet transaction handling
  - 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
  - Integrated voltage regulator
  - 1.9 to 3.6V supply range
  - Idle modes with fast start-up times for advanced power management
  - 26µA Standby-I mode, 900nA power down mode
  - Max 1.5ms start-up from power down mode
  - Max 130µs start-up from standby-I mode
- Host Interface
  - 4-pin hardware SPI
  - Max 10Mbps
  - 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
  - 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package



nRF24L01+ Preliminary Product Specification

### 2 Pin Information

#### 2.1 Pin assignment

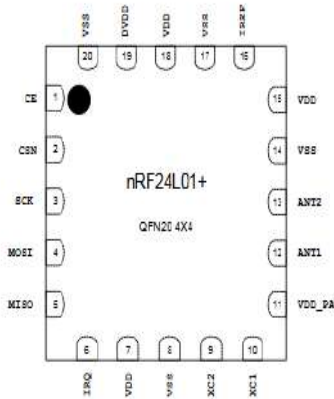


Figure 2. nRF24L01+ pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package



# Anexo F: Datasheet módulo ESP8266



1. Overview

## 1.2. Specifications

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4G – 2.5G (2400M – 2489.5M)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)
	Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SPI/I2C/IO/RS Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5V – 3.6V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40°C – 125°C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
	External Interface	-
	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
Software	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App



2. Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
7	CHIP_EN	I	Chip Enable High: On, chip works properly Low: Off, small current consumed
9	XPD_D0DC	I/O	Deep-sleep wakeup (need to be connected to EXT_RSTB); GPIO18
9	MTMS	I/O	GPIO 14; HSPL_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO 12; HSPL_MISO
11	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8V – 3.6V)
12	MTCK	I/O	GPIO 13; HSPL_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO 15; HSPL_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART TX during flash programming; GPIO2
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPL_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO4
17	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8V – 3.6V)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Connect to SD_D2 (Series R: 200Ω); SPIHD; HSPHD; GPIO9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Connect to SD_D3 (Series R: 200Ω); SPIWP; HSPWP; GPIO10
20	SDIO_CMD	I/O	Connect to SD_CMD (Series R: 200Ω); SPL_CS0; GPIO11
21	SDIO_CLK	I/O	Connect to SD_CLK (Series R: 200Ω); SPL_CLK; GPIO8
22	SDIO_DATA_0	I/O	Connect to SD_D0 (Series R: 200Ω); SPL_MISO; GPIO7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Connect to SD_D1 (Series R: 200Ω); SPL_MOSI; GPIO8
24	GPIO8	I/O	GPIO8
25	U0RXD	I/O	UART Rx during flash programming; GPIO9
26	U0TXD	I/O	UART TX during flash programming; GPIO1; SPL_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Connect to crystal oscillator output, can be used to provide BT clock input
28	XTAL_IN	I/O	Connect to crystal oscillator input
29	VDDO	P	Analog Power 2.5V – 3.6V
30	VDDA	P	Analog Power 2.5V – 3.6V
31	RES12K	I	Serial connection with a 12 kΩ resistor and connect to the ground
32	EXT_RSTB	I	External reset signal (Low voltage level: active)



2. Pin Definitions

## 2.

## Pin Definitions

Figure 2-1 shows the pin layout for 32-pin QFN package.

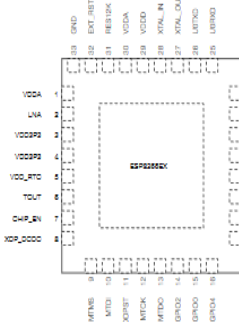


Figure 2-1. Pin Layout (Top View)

Table 2-1 lists the definitions and functions of each pin.

Table 2-1. ESP8266EX Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 2.5V – 3.6V
2	LNA	I/O	RF antenna interface Chip output impedance=39±8 Ω. It is suggested to retain the n-type matching network to match the antenna.
3	VDDSP3	P	Amplifier Power 2.5V – 3.6V
4	VDDSP3	P	Amplifier Power 2.5V – 3.6V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1V)
8	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power-supply voltage of VDDSP3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 8). However, these two functions cannot be used simultaneously.

## 3.

## Functional Description

The functional diagram of ESP8266EX is shown as in Figure 3-1.

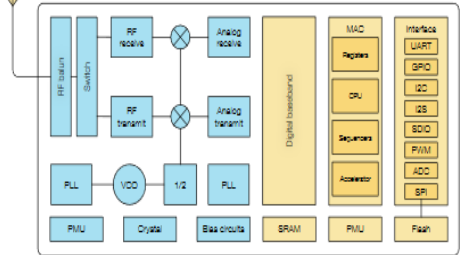


Figure 3-1. Functional Block Diagram

### 3.1. CPU, Memory, and Flash

#### 3.1.1. CPU

The ESP8266EX integrates a Tensilica L106 32-bit RISC processor, which achieves extra-low power consumption and reaches a maximum clock speed of 160 MHz. The Real-Time Operating System (RTOS) and Wi-Fi stack allow 80% of the processing power to be available for user application programming and development. The CPU includes the interfaces as below:

- Programmable RAM/ROM interfaces (iBus), which can be connected with memory controller, and can also be used to visit flash.
- Data RAM interface (dBus), which can connected with memory controller.
- AHB interface which can be used to visit the register.

#### 3.1.2. Memory

ESP8266EX Wi-Fi SoC integrates memory controller and memory units including SRAM and ROM. MCU can access the memory units through iBus, dBus, and AHB interfaces. All memory units can be accessed upon request, while a memory arbiter will decide the running sequence according to the time when these requests are received by the processor.

According to our current version of SDK, SRAM space available to users is assigned as below.



Wuolab	Wuolab 12/24 V		Wuolab DDO 12/24 V		Wuolab 12/24 V con transformador	
	12V	24V	12V	24V	12V	24V
Tensión de la batería	Selección automática 12/24 V (1)		Selección automática 12/24 V (1)		Selección automática 12/24 V (1)	
Corriente de carga nominal	5 A		20 A		10 A	
Salida de la segunda batería	No		Sí		No	
Descarga automática de la carga	Sí (carga mínima 10/100 Ah)		n. d.		Sí (carga mínima 10 A)	
Tensión solar mínima	20,55 V (1)		20,55 V (1)		20,55 V (1)	
Autocarga	6 mA		4 mA		5 mA	
<b>Valores predefinidos</b>						
Carga de absorción (2)	14,4 V		20,8 V		14,4 V	
Carga de flotación (2)	13,7 V		22,0 V		13,7 V	
Carga de recarga (2)	n. d.		n. d.		14,0 V	
Descarga de carga por baja tensión	11,1 V		22,2 V		11,1 V	
Recarga de carga por baja tensión	12,0 V		25,2 V		12,0 V	
<b>Carga y medio ambiente</b>						
Sensor de temperatura de la batería	Sí Sensor interno		Sí Sensor interno		Sí Sensor interno	
Compensación de temperatura	-30mV/°C		-30mV/°C		-30mV/°C	
Temperatura de trabajo	-30°C a +55°C (carga completa)		-30°C a +55°C (carga completa)		-30°C a +55°C (carga completa)	
Refrigeración	Corrección natural		Corrección natural		Corrección natural	
Humedad (sin condensación)	Max. 95%		Max. 95%		Max. 95%	
Clase de protección	IP20		IP20		IP20	
Tamaño de los terminales	6 mm <sup>2</sup> / AWG10		6 mm <sup>2</sup> / AWG10		6 mm <sup>2</sup> / AWG10	
Peso	160/160/160 g		180 g		150 g	
Dimensiones (l x a x p)	70x133x34 mm		76x136x27 mm		68x140x35 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared Solo interiores		Montaje vertical de pared Solo interiores		Montaje vertical de pared Solo interiores	
<b>Normativas</b>						
Seguridad	EN60521-1					
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3					



```
static float pHValue,voltage;
//int returnCM;

RF24 radio(9, 10); // CE, CSN
const byte address[6] = "00001";
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    //radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening();
    pinMode(triggerPIN, OUTPUT);
    pinMode(echoPIN, INPUT_PULLUP);
    Serial.begin(9600);           //Inicia la comunicacion en serie el numero es la velocidad a la que se comunica con arduino
    Serial.println("Iniciando ...");
}
```

## Anexo J: Código NG



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The title bar at the top reads "nrf-node-subir Arduino 1.8.8". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for file operations and execution. The file name "nrf-node-subir" is displayed in the top-left corner. The code editor contains the following C++ code:

```
const char* ssid = "SALA FIE COOL 2.0";
const char* password = "lamismaclave";
const char* host = "sensortachorich.000webhostapp.com";

float data[5],tempe,hume,ph,nivel;
int num[1],codigo;
RF24 radio(D2, D1); // CE, CSN
const byte address[6] = "000001";
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // We start by connecting to a WiFi network
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(0, address);
  //radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  radio.startListening();
```

## Anexo K: Código Página Principal

```

<html>
<head>
<title>Sensor Tacho-RioB </title>

<style>
header a{
text-decoration:none;
}
body{
padding:5px;
}
table a{
text-decoration:none;
color:#F38119;
}
#menu{
text-align:right;
}
footer{
position:relative;
margin-top:50px;
width:100%;
padding:0px;
background:#0FD3DB;
text-align:center;
color:#455F4B;
}
</style>
</head>
<body style="background-image: url('img/fund.jpg'); background-position: center; background-repeat: no-repeat; background-size: cover;">
<table id="menu" border="3px" align="right" bordercolor="67CF7D" bgcolor="#C8EAC8">

<tr>
<td><a href="pagiweb.html"><font color="046A86">INICIO</font></a></td>
<td><a href="registro.html"><font color="046A86">REGISTRO</font></a></td>
<td><a href="datos.php"><font color="046A86">DATOS</font></a></td>
<td><a href="fabricantes.html"><font color="046A86">FABRICANTES</font></a></td>
<td><a href="ayuda.html"><font color="046A86">ACERCA DE?</font></a></td>
</tr>
</table>
<br>
<br>
<header>
<a href="pagiweb.html"><h1 align="center"><font color="146627" size="50" face="Imprint MT Shadow">SENSOR TACHO-RIOB</font></h1></a>
</header>
<br>
<center style="opacity: 0.9; filter: alpha(opacity=90);">
<br><br>
<tr width="800" align="center" color="A58989">
<tr width="625" align="center" color="A58989">
<tr width="450" align="center" color="A58989">
<table id="regis" background="img/fnddasa.jpg" border="4px" align="center" width="450" bordercolor="313571" bgcolor="7177D6">
<tr style="opacity: 0.5; filter: alpha(opacity=80);">
<td align="center"><font face="Bell MT" size="9" color="333268">-----Estamos para ayudarlos<----</font></td>
</tr>
</table>
<footer style="opacity: 0.7; filter: alpha(opacity=70);">
<p><font color="455F48" size="9" face="Imprint MT Shadow">Visitenos</font> </p>

<p>Desarrollado en Riobamba-Ecuador </p>
</footer>
</body>
</html>

```



## Anexo L: Alerta Pagina Web

```
<?php
$conexion = mysqli_connect ("localhost","root","","sensortachorich");
$sql="SELECT *FROM mediciones ORDER BY `hora/fecha_medi` DESC LIMIT 1";
$result = mysqli_query($conexion , $sql);
while($mostrar=mysqli_fetch_array ($result)){
    $Tempe_medi = $mostrar['Tempe_medi'];
    $Hume_medi = $mostrar['Hume_medi'];
    $pH_medi = $mostrar['pH_medi'];
    $Nivel_medi = $mostrar['Nivel_medi'];
    $Cod_medi = $mostrar['Cod_medi'];
    $Cod_ecot = $mostrar['Cod_ecot'];
}

echo ' Los valores desplegados pertenecen al contenedor con código: ' ;
echo $Cod_ecot; echo ' y su id de la última medición es: ' ; echo $Cod_medi;
echo '<br/>';
echo '<br/>';

if ($Nivel_medi <= 50){
    echo 'El contenedor esta lleno con el valor de: ' ; echo $Nivel_medi ;
    echo '<br/>';
}

else {
    echo 'El contenedor aun no llega a sus límites de llenado, falta un: ' ; echo $Nivel_medi ;
    echo '<br/>';
}

if ($pH_medi < 7){
    echo 'El grado de pH en el contenedor esta tendiendo a ser ácido con el valor de: ' ; echo $pH_medi ;
    echo '<br/>';
}

elseif ($pH_medi==7) {
    echo 'El grado de pH en el contenedor esta neutro con el valor de: ' ; echo $pH_medi ;
    echo '<br/>';
}

else {
    echo 'El grado de pH en el contenedor esta alcalina con el valor de: ' ; echo $pH_medi ;
    echo '<br/>';
}
```

```
    else {
        echo 'El grado de pH en el contenedor esta alcalina con el valor de: ' ; echo $pH_medi ;
        echo '<br/>';
    }

    if ($Tempe_medi >= 40){
        echo 'La temperatura esta elevándose con el valor de: ' ; echo $Tempe_medi ;
        echo '<br/>';
    }

    else {
        echo 'La temperatura es adecuada con el valor de: ' ; echo $Tempe_medi ;
    }
}

mysqli_close($conexion);
?>
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<style>
body {
font-family: Cambria;
font-weight: bold;
background-color: ;
}
</style>
<title>Sensor Tacho-Rich/ alerta</title>
<meta charset="utf-8">
</head>
<body align="center" style="background-image: url('img/alert.jpg'); background-position: center; background-repeat: no-repeat
<font color="red"></font>
</body>
</html>
```

## Anexo M: Página de visualización de datos

```
    else {
        echo 'El grado de pH en el contenedor esta alcalina con el valor de: ' ; echo $pH_medi ;
        echo '<br/>';
    }

    if ($Tempe_medi >= 40){
        echo 'La temperatura esta elevándose con el valor de: ' ; echo $Tempe_medi ;
        echo '<br/>';
    }

    else {
        echo 'La temperatura es adecuada con el valor de: ' ; echo $Tempe_medi ;
    }
}

mysqli_close($conexion);
?>
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<style>
body {
font-family: Cambria;
font-weight: bold;
background-color: ;
}
</style>
<title>Sensor Tacho-Rich/ alerta</title>
<meta charset="utf-8">
</head>
<body align="center" style="background-image: url('img/alert.jpg'); background-position: center; background-repeat: no-repeat
<font color="red"></font>
</body>
</html>
```

```

        {
            echo "<option value=" . $row[0] . ">";
            echo $row[0];
            echo "</option>";
        }
        mysqli_close();
    ?>

    </select></font></td>
</tr>
<tr>
<td align="center" colspan="2"> <input type="submit" value="Consultar" id="consultar" ></td>
</tr>
</table>
</form>
<br>
<br>

<iframe align="center" name="medidores" width="100%" height="1000px" frameborder="0px" align="center" ></iframe>

<footer style ="opacity: 0.7; filter: alpha(opacity=70);">
<p><font color="455F45" size="5" face="Imprint MT Shadow">Visitenos</font> </p>

<p>Desarrollado en Riobamba-Ecuador </p>
</footer>
</body>
<script>
    setInterval(function() {document.getElementById("form_medidores").submit();},1000);
    setInterval(function() {document.getElementById("form_alerta").submit();},2000);
</script>
</html>

```